

**ECHOVENTRIKULOGRAPHISCHE MESSUNGEN  
IN DEN BEIDEN ERSTEN LEBENSJAHREN**

Wolf-Dieter Hirsch

1977







AUS DER NEUROCHIRURGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
Direktor: Professor Dr. med. Frank Marguth

ECHOVENTRIKULOGRAPHISCHE MESSUNGEN  
IN DEN BEIDEN ERSTEN LEBENSJAHREN

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von  
Wolf-Dieter Hirsch  
aus Traunstein

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin  
der Universität München

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Berichterstatter:        | Priv.- Doz. Dr. E. Kazner |
| 2. Berichterstatter:        | Prof. Dr. F. Marguth      |
| Dekan:                      | Prof. Dr. W. Spann        |
| Tag der mündlichen Prüfung: | 14.4.1977                 |



an dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Dr. med. H. Müller für die  
Anleitung bei der Bearbeitung des Textes, sowie für die  
Bereitstellung der vielen wertvollen Unterlagen für die Bearbeitung  
des Textes bedanken.

Es sei auch an dieser Stelle erwähnt, dass ich die Unterstützung  
durch Herrn Dr. med. H. Müller bei der Bearbeitung des Textes  
als sehr wertvoll empfand.

Mit besten Grüßen von Herrn Dr. med. H. Müller und der  
Familie.

Meinen Eltern



An dieser Stelle möchte ich Herrn Doz. Dr. med. E. Kazner meinen aufrichtigen Dank für die Überlassung des Themas, seine zahlreichen Anregungen und seine konstruktive Kritik bei der Ausführung der Arbeit aussprechen.

Weiterhin danke ich allen Mitarbeitern des Labors für Echoencephalographie und des Labors für Computertomographie an der Neurochirurgischen Klinik der Universität München für ihre Unterstützung.

Mein Dank gilt auch Fräulein B. Benkert für ihre Hilfe bei der Erstellung der Abbildungen.



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. EINLEITUNG                                                                                                                                                                | 1  |
| 2. ENTWICKLUNG, ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES<br>MENSCHLICHEN VENTRIKELSYSTEMS                                                                                                | 4  |
| 2.1. Pathophysiologie der Hydrocephalusentstehung                                                                                                                            | 5  |
| 3. GEWEBSREAKTIONEN AUF ULTRASCHALL                                                                                                                                          | 6  |
| 4. DIE ECHOENCEPHALOGRAPHIE                                                                                                                                                  | 8  |
| 4.1. Methode                                                                                                                                                                 | 8  |
| 4.1.1. Durchschallungsverfahren                                                                                                                                              | 8  |
| 4.1.2. Impulsechoverfahren                                                                                                                                                   | 8  |
| 4.1.3. Abstrahlungscharakteristik                                                                                                                                            | 11 |
| 4.1.4. Auflösungsvermögen                                                                                                                                                    | 11 |
| 4.1.5. Meßgenauigkeit                                                                                                                                                        | 11 |
| 4.2. A-Bild Technik                                                                                                                                                          | 13 |
| 4.3. B-Bild Technik                                                                                                                                                          | 13 |
| 4.4. Untersuchungstechnik (A-mode)                                                                                                                                           | 14 |
| 4.5. Cella-media-Index (CMI)                                                                                                                                                 | 14 |
| 4.6. Bedeutung der Amplitude des<br>Seitenventrikelechos                                                                                                                     | 17 |
| 5. ZUVERLÄSSIGKEIT ECHOVENTRIKULOGRAPHISCHER BEFUNDE -<br>VERGLEICH ECHOVENTRIKULOGRAPHISCHER MESSUNGEN MIT<br>UNTERSUCHUNGSERGEBNISSEN DER AXIALEN COMPUTERTOMO-<br>GRAPHIE | 18 |
| 6. KRANKENGUT                                                                                                                                                                | 22 |
| 7. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE                                                                                                                                                   | 25 |
| 7.1. Gruppeneinteilung nach dem Cella-media-Index                                                                                                                            | 25 |
| 7.2. Korrelation der einzelnen Meßwerte<br>(Cella-media-Index - Breite des 3. Ventrikels)                                                                                    | 27 |

|                                                                                                                      | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 7.3. Veränderungen der Seitenventrikelbreite<br>in den ersten beiden Lebensjahren bei Nor-<br>mal- und Grenzbefunden | 30    |
| 7.4. Entwicklung der Ventrikelweite bei Früh-<br>geborenen                                                           | 30    |
| 7.5. Amplitude der Seitenventrikelechos                                                                              | 33    |
| 7.6. Verhalten der Seitenventrikelbreite bei<br>cerebralen Erkrankungen                                              | 34    |
| 7.7. Erreichen von Normal- bzw. Grenzwerten<br>des CMI bei vorher bestandener Ventrikel-<br>erweiterung              | 36    |
| 7.8. Asymmetrische Seitenventrikel                                                                                   | 36    |
| 8. DISKUSSION                                                                                                        | 38    |
| 9. ZUSAMMENFASSUNG                                                                                                   | 45    |
| 10. LITERATURVERZEICHNIS                                                                                             | 46    |
| LEBENS LAUF                                                                                                          |       |

## 1. EINLEITUNG

Die morphologischen Untersuchungen des Endokraniums in vivo ohne Eröffnung des Schädels sowie die Beurteilung der intrakraniellen Raumverhältnisse gestaltet sich für den Arzt trotz vielfältiger Untersuchungsmethoden oft sehr schwierig.

Neurochirurgen, Neurologen und Pädiater sind sich über die große Bedeutung der frühzeitigen exakten Diagnostik und der Verlaufsbeobachtung pathologischer Veränderungen am Gehirn für die Prognose und Therapie - nicht zuletzt im Säuglings- und Kleinkindesalter - einig.

Allerdings stellen insbesondere die konventionellen neuroradiologischen Untersuchungsmethoden der Hirnkammern dem Krankheitsrisiko ein nicht zu vernachlässigendes Risiko der Diagnostik zur Seite. Eine häufige Wiederholung z. B. der Pneumencephalographie am gleichen Patienten oder gar eine screening-Untersuchung Neugeborener mit dieser Methode ist nicht durchführ- bzw. zumutbar. Die neuentwickelte axiale Computertomographie steht vorerst nur einigen wenigen neurochirurgisch-neuroradiologischen Zentren zur Verfügung. Auch wenn diese Methode in größerem Umfang angewendet werden kann, wird sie bei Kindern wegen der nur unter Narkosebedingungen erzielbaren Ruhigstellung nur unter strenger Indikation durchgeführt werden können.

Eine wertvolle Ergänzung der üblichen morphologischen Untersuchungsmethoden stellt deshalb die Echoencephalographie (LEKSELL, 1955/56) dar. Sie hat sich besonders im Kindesalter bewährt, da der kindliche Schädel für Ultraschall eine gute Durchlässigkeit besitzt, wodurch sehr genaue Meßdaten gewonnen werden können.

Außerdem ist die Methode auf Grund ihrer absoluten Schmerzlosigkeit, Ungefährlichkeit, beliebigen Wiederholbarkeit und kurzen Untersuchungsdauer besonders für diese Altersgruppe prädestiniert.

In Zusammenarbeit mit dem Kinderzentrum, der Kinderklinik, der Kinderchirurgischen Klinik und der Kinderpoliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde im Laboratorium für

Ultraschalldiagnostik an der Neurochirurgischen Klinik der Universität München im Zeitraum von 1969 bis 1974 die Echoencephalographie an einem großen Kinderkrankengut angewendet und ihre Aussagekraft bei neuropädiatrischen Fragestellungen überprüft.

Wie wichtig eine solche wenig aufwendige und risikolose Untersuchungsmethode für die Diagnostik cerebraler Erkrankungen im Kindesalter ist, geht allein schon daraus hervor, daß neurologische Erkrankungen heute zu den häufigsten Krankheiten im Kindesalter zählen.

Der schwedische Neurochirurg LEKSELL, der die Echoencephalographie inauguriert hat, äußerte bereits in seiner ersten Arbeit (1955, 1956) die Vermutung, daß auf Grund der unterschiedlichen Dichte von Hirn und Liquor Ultraschallreflexionen von den Ventrikelwänden aufzufangen seien.

Die ersten Messungen der Breite bestimmter Hirnkammerabschnitte ohne besondere Vorbereitungen (z. B. Kontrastmittelapplikation) führten de VLIENER und RIDDER (1959) sowie GORDON (1959) durch. Damit war der ursprüngliche Anwendungsbereich der Echoencephalographie, der sich auf die Bestimmung der Lage der cerebralen Mittelstrukturen beschränkte, wesentlich erweitert worden. Eingang in die Neuropädiatrie fand die Untersuchungsmethode u. a. durch die Arbeiten von LITHANDER (1961), SJÖGREN (1965 bis 1967), GELETNEKY (1966), SCHIEFER und KAZNER (1967) und WEST (1967, 1968, 1970).

PIA und GELETNEKY (1967, 1968), KRIJGSMAN (1970, 1972), MOSTAFAWY (1971), GRUMME et al. (1970 - 1975) sowie MIKSCHICZEK et al. (1976) haben sich ausführlicher mit der Echoventrikulographie bei neuropädiatrischen Fragestellungen befaßt.

Der Zweck dieser Studie ist es, besonders an Hand von Seitenventrikelmessungen Veränderungen der Hirnkammerweite in den ersten beiden Lebensjahren zu untersuchen und auf Grund der Verlaufsbeobachtungen an normalen Kindern und Kindern mit hirnrorganischen Erkrankungen die Möglichkeiten und Grenzen der echoventrikulographischen Diagnostik aufzuzeigen.

Bei der Überprüfung der Zuverlässigkeit der echoventrikulographischen Messungen wurde bei einem Teil der Kinder die von HOUNSFIELD (1973) entwickelte, axiale Computertomographie herangezogen.

## 2. ENTWICKLUNG, ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHLICHEN

### VENTRIKELSYSTEMS

Aus der cranialen Fortsetzung des Neuralrohres, dem "Gehirnrohr" (BOENIG, BERTOLINI, 1967) entwickeln sich im Laufe der Embryogenese die vier Hirnkammern des Menschen. Der 4. und 3. Ventrikel stellen dabei eine direkte Fortsetzung des Rückenmarklumens dar, die beiden Seitenventrikel entstehen durch laterale Ausstülpungen des zunächst einheitlichen Prosencephalon, die als Hämischärenbläschen bezeichnet werden. Zunächst bestehen zwischen ihnen und der 3. Hirnkammer noch weit offene Verbindungen.

Auch zwischen 3. und 4. Ventrikel liegt der noch weite Hohlraum des Mesencephalon; dieser verengt sich später zum Aquaeductus Sylvii.

Die Plexus chorioidei entstehen durch lokale Mesenchymvermehrungen an den Ventrikelwänden.

Der 4. Ventrikel ist zunächst durch sein Dach völlig verschlossen, das durch die Lamina tectoria ventrikuli IV. und einen Teil der Pia mater, der Tela ventrikuli IV., gebildet wird. Erst im 2. Embryonalmonat bilden sich durch lokalen Schwund des Deckengewebes ein mediales und zwei laterale Löcher, durch die dann das Ventrikellumen mit dem Subarachnoidalraum in Verbindung steht.

Beim ausgereiften Ventrikelsystem stehen die beiden seitlichen Hirnkammern durch die beiden relativ engen Foramina Monroi mit dem 3. Ventrikel in Verbindung; dieser setzt sich durch den Aquaeductus Sylvii in den 4. Ventrikel fort, der seinerseits in den Canalis centralis der Medulla oblongata mündet. Durch die oben genannten beiden seitlichen Foramina Luschkae und das mediale Foramen Magendii steht die 4. Hirnkammer außerdem mit den Cisternen des Subarachnoidalraumes in Verbindung.

Echoencephalographisch sind mit der in dieser Arbeit beschriebenen Methoden nur der 3. Ventrikel und die seitlichen Hirnkammern im transversalen Strahlengang zu erfassen.

Die Bedeutung des Hirnwassers ist darin zu sehen, daß das Gehirn im Liquor fast schwerelos (nahezu identische Dichte!) mit verhältnismäßig zarten Verbindungen an der Arachnoidea aufgehängt sein kann und gegen äußere Einflüsse durch dieses "Wasserkissen" recht gut geschützt ist.

Die Liquorbildung erfolgt im wesentlichen in den Plexus chorioidei; außerdem spielen noch das Ventrikelependym, piale Strukturen sowie die Virchow-Robin'schen Räume um die Cerebralgefäße eine Rolle. Ca. 44 % der Liquormenge werden im Kopfbereich gebildet, die verbleibenden 56 % im Bereich des Rückenmarkes (GANONG, 1971). Die Resorption des Hirnwassers besorgen vorwiegend die Pacchionini'schen Granulationen; weitere resorbierende Strukturen stellen arachnoidale Villi, ähnliche Strukturen im Bereich der spinalen Nervenwurzeln, die Virchow-Robin'schen Räume und piale

Venen dar. Auch eine direkte Diffusion durch die Ventrikelwände bei hohem Liquordruck wird diskutiert (WEED, 1922; WÜTHRICH, 1970; LUPS, HAAN, 1954; SAYK, 1966; TAKETOMO, SAITO, 1965).

Bezüglich der Liquorcirculation sind für jeden Liquoranteil eigene Gesetzmäßigkeiten und eine eigene Dynamik anzunehmen; die Orte der Produktion und Resorption des Hirnwassers müssen bei verschiedenen Drucken besonders unter pathologischen Bedingungen nicht immer die gleichen sein (WÜTHRICH, 1970).

Der Liquordruck beträgt beim normalen Kind im Liegen etwa 5 - 10 cm H<sub>2</sub>O; im Stehen erhöht er sich auf Werte von 40 - 50 cm H<sub>2</sub>O im Lumbalbereich. Damit bleibt er etwas unter dem erwarteten Wert, was dadurch zu erklären ist, daß die physikalischen Gesetze, die für starre Röhren gelten, nicht uneingeschränkt auf den Liquorsack anzuwenden sind (GANONG, 1971).

Auch beim Gesunden ist der Liquordruck starken Schwankungen (bis 20 cm H<sub>2</sub>O) unterworfen (HEMMER, 1960).

## 2.1. Pathophysiologie der Hydrocephalusentstehung

Folgende Pathomechanismen werden unterschieden:

1. Occlusivhydrocephalus: Durch einen Verschuß der Liquorcirculationswege (z. B. Aquaeductus Sylvii, foramina interventricularia) kommt es zu einem fehlendem Druckausgleich bei normalen pulssynchronen Druckschwankungen (ausgehend von den Plexus chorioidei) und damit zu Hin- und Herbewegungen des Liquors. Dieses Phänomen erklärt die stark pulsierenden Echos der Wände des erweiterten 3. Ventrikels bei der Echoencephalographie.
2. Hydrocephalus durch Liquorresorptionsstörungen: Dieser Hydrocephalus entsteht nicht selten durch meningeale Verklebungen nach subduralen Ergüssen oder Meningitiden.
3. Hydrocephalus durch lokale oder allgemeine Volumenvergrößerung des Gehirns: Raumfordernde Prozesse oder das Hirnödem bedingen häufig eine Massenverschiebung und damit u. U. eine Einklemmung der Kleinhirntonsillen ins foramen occipitale magnum mit nachfolgendem Liquorstau. Auch ein lokaler Verschuß der Liquorwege durch einen Tumor ist möglich (z. B. Ependymom des 3. Ventrikels im Bereich der foramina Monroi).
4. "Hydrocephalus e vacuo": Hierbei kommt es durch hirnatrophische Prozesse bei gleichbleibendem oder vermindertem Liquordruck zu einer Vergrößerung der Ventrikel und Subarachnoidalräume.

Die Echoencephalographie kann uns naturgemäß nur über das Ausmaß und die Symmetrie bzw. Asymmetrie der Ventrikelvergrößerung, nicht jedoch über den Pathomechanismus der Hydrocephalusentstehung Auskunft geben.

### 3. GEWEBSREAKTIONEN AUF ULTRASCHALL

Zahlreiche Untersuchungen vor Einführung des Ultraschalls in die diagnostische und therapeutische Medizin haben gezeigt, daß die Anwendung vollkommen gefahrlos ist.

BARTH und BÜLOW (1949), BRÜSCHKE (1955), PETERS (1949), LOCH (1973), LYNN und PUTNAM (1944), ROTT, HUBER, SOLDNER und SCHWANITZ (1972), BALDES, HERRICK und STROEBEL (1958), BALLANTINE, HUETER, NAUTA und SOSA (1956) sowie zahlreiche andere Autoren bewiesen in Tierexperimenten, daß eine hohe Intensität und Bestrahlungsdauer notwendig sind, um im Gewebe mechanische oder chemische Auswirkungen hervorzurufen. Alle Untersuchungen zeigten, daß Ultraschallintensitäten bis zu 3 Watt/qcm ohne schädliche Einflüsse auf die Gewebe sind. Speziell das Zentralnervensystem zeigte im Tierversuch selbst bei langer Einwirkungsdauer eine hohe Toleranz gegenüber Ultraschallwellen.

JEPPSON (1961) hält sogar eine längerdauernde Beschallung des Zentralnervensystems mit 12 Watt/qcm für unbedenklich. TAYLOR und POND (1972) konnten erst bei einer mittleren Intensität von 2,5 bis 5 Watt/qcm, wobei die Spitzenintensitäten bei 25 bis 50 Watt/qcm lagen, und einer Bestrahlungsdauer von 1 bis 15 Minuten Endotheldefekte im Rückenmark von Ratten finden. GARG und TAYLOR (1967) bestrahlten acht Patienten intraoperativ mit einer Dosis von 1 mWatt/qcm, einer Frequenz von 2 Megahertz und einer Bestrahlungsdauer von 1 Stunde; bei intraoperativ entnommenen Biopsien konnten keine Gewebsschädigungen festgestellt werden. OECKLER und Mitarbeiter (1975) berichteten von Versuchen mit männlichen weißen Ratten, die mit einer mittleren Intensität von 0,25 Watt/qcm und Spitzenintensitäten von 1 Watt/qcm sowie mit Frequenzen von 12 kHz über 2 Stunden bestrahlt wurden. Sowohl elektronenmikroskopisch als auch histochemisch (Gehirn, Gewebswasser und Elektrolyte, Bluthirnschranke) konnte kein schädigender Einfluß der Ultraschallwellen nachgewiesen werden.

Für diagnostische Zwecke wird jedoch nur ein Bruchteil dieser Intensitäten verwendet.

Beim Echoimpulsverfahren arbeitet man bei einem Prüfkopf mit 15 mm Durchmesser z. B. mit einer Intensität von 5 mW/qcm. Auch Summationseffekte wie bei der Röntgenbestrahlung sind bei der Ultraschalluntersuchung nicht zu befürchten.

#### 4. DIE ECHOENCEPHALOGRAPHIE

##### 4.1. Methode

Die Ultraschalldiagnostik hat innerhalb der letzten Jahre in allen Gebieten der Medizin Eingang gefunden. Durch diese neue Technik ist die bildliche Differenzierung von Weichteilstrukturen auf Grund derer unterschiedlichen akustischen Struktur möglich geworden. Bei diesem Diagnoseverfahren werden weder Struktur noch Funktion der Gewebe verändert, noch ist die Verwendung von Kontrastmitteln oder Indikatoren notwendig. Grundsätzlich können zwei Verfahren der Ultraschallmessung unterschieden werden: Das Durchschallungsverfahren und das Impulsverfahren.

4.1.1. Das Durchschallungsverfahren wurde zum ersten Mal von SOKOLOW (1929) und MÜHLHÄUSER (1931) bei der technischen Materialprüfung verwendet. In diesem Bereich kommt dieser Methode auch heute noch große Bedeutung zu (KRAUTKRÄMER, 1961).

Versuche von DUSSIK (1942, 1949), mit Hilfe des Durchschallungsverfahrens eine Durchleuchtung des Schädels und eine Darstellung der Liquorräume senkrecht zur Schallrichtung zu erlangen, scheiterten letztlich, da die Differenzen der akustischen Wellenwiderstände von Hirn und Liquor im Vergleich zur Impedanz des Schädelknochens nur außerordentlich gering sind und somit Störungen durch Dickschwankungen des Knochens das angestrebte Bild der Weichteilstrukturen vollkommen überlagerten.

Heute wird das Durchschallungsverfahren in der neurologischen Diagnostik nur noch zur Bestimmung des theoretischen Mittlerechos angewandt.

4.1.2. Das Impulsechoverfahren arbeitet nach dem Echolotprinzip. Ein sehr kurzer Impuls hochfrequenter Schallwellen wird in den zu prüfenden Körper geschickt und von Grenzflächen in diesem Körper zum Impulsgeber, der gleichzeitig als Empfänger fungiert,

reflektiert. Je höher die Frequenz des verwendeten Ultraschallstrahlenbündels ist, desto geradliniger breitet es sich aus.

Grenzflächen zwischen Medien verschiedener akustischer Impedanz stellen für ankommende Schallwellen akustische Halbspiegel dar, d. h. sie reflektieren einen Teil der gesamten Schallintensität, während sie den übrigen Schall durchlassen. Ein großer Teil der Schallenergie wird in den verschiedenen Medien auch absorbiert und in andere Energieformen, besonders Wärme, überführt. Daraus resultiert eine verschieden große Halbwertstiefe für verschiedene Medien (Tab. 1 und 2).

Die Halbwertstiefe ist aber auch frequenzabhängig; hohe Frequenzen werden stärker absorbiert als niedrige. Während im weichen Körpergewebe der Absorptionsanstieg linear zur Frequenz erfolgt, nimmt er im Knochengewebe sogar quadratisch zur Frequenz zu. Hohlräume, die mit Flüssigkeiten gefüllt sind, absorbieren Schallenergie nur in sehr geringem Maße.

Da der Schädelknochen im Säuglings- und Kleinkindesalter nur sehr geringfügig kalzifiziert und damit die Absorption durch den Knochen verhältnismäßig gering ist, verspricht die Anwendung der Echoventrikulographie in dieser Altersgruppe in einem hohen Prozentsatz verwertbare Meßergebnisse.

Tabelle 1 Schallgeschwindigkeit und akustische Impedanz in verschiedenen Körpergeweben und -flüssigkeiten bei 22° C (nach SCHIEFER und KAZNER, 1967)

| Medium                      | Schallgeschwindigkeit<br>m/s | Dichte<br>kg/m <sup>3</sup> | Akustische<br>Impedanz<br>10 <sup>6</sup> Ns/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Wasser                      | 1488.1                       | 977                         | 1.48                                                        |
| Weiches Körpergewebe        | 1490 - 1610                  | 1060                        | 1.58 - 1.70                                                 |
| Knochen                     | 3380                         | 1800                        | 6.1                                                         |
| Blut, frisch                | 1570                         | 1059                        | 1.66                                                        |
| Blut, alte Gerinnsel        | 1598 - 1607                  | 1068                        | 1.71 - 1.72                                                 |
| Hirngewebe                  | 1532                         | 1036                        | 1.59                                                        |
| Liquor cerebrospinalis      | 1502                         | 1004                        | 1.51                                                        |
| Verschiedene Tumoren        | 1522 - 1550                  | 1030 - 1060                 | 1.57 - 1.64                                                 |
| Flüssigkeit aus Tumorzysten | 1504 - 1524                  | 1006 - 1028                 | 1.51 - 1.57                                                 |

Tabelle 2 Halbwertstiefen von Körpersubstanzen und von Wasser in Millimetern bei einer Prüffrequenz von 900 kHz (nach KAZNER und KRESSE, 1973)

| Medium            | Halbwertstiefe<br>mm |
|-------------------|----------------------|
| Fett              | 77                   |
| Knochenmark       | 77                   |
| Muskel            | 27                   |
| Gehirn            | 36                   |
| Knochen (kompakt) | 2.2                  |
| Wasser            | 5000                 |

4.1.3. Die Abstrahlungscharakteristik des Schallsenders muß auch bei der Ultraschalldiagnostik berücksichtigt werden. Im sogenannten Nahfeld breiten sich die Schallwellen nahezu zylindrisch aus, um danach in ein divergentes Fernfeld überzugehen. Das Nahfeld ist für die Ultraschalldiagnostik insofern am besten geeignet, als praktisch alle Schallwellen parallel verlaufen, auf die einzelnen Grenzflächen senkrecht auftreffen und von dort zum Sender-Empfänger-Prüfkopf reflektiert werden können. Die Größe des Nahfeldes ist abhängig vom Schwingerdurchmesser des Senders und von der Wellenlänge bzw. Frequenz des verwendeten Ultraschallgebers (Abb. 1).

4.1.4. Das Auflösungsvermögen bei der Ultraschallmessung ist außer von der Impulsdauer auch von der Frequenz abhängig. Eine möglichst hohe Frequenz hat zwar eine große Auflösungsgenauigkeit, zeigt jedoch andererseits eine geringe Eindringtiefe in das zu messende Gewebe. In der Praxis haben sich Frequenzen von 1 bis 5 MHz, der speziellen Untersuchungen auch bis über 10 MHz, Impulsfolgefrequenzen von 100 bis 1000 Hz und Impulszeiten von 1 bis 100 Mikrosekunden bewährt. Die Grenzauflösung zweier dicht benachbarter Schichten in Strahlrichtung beträgt bei der üblichen Prüffrequenz von 2 MHz im Kindesalter und einer Impulszeit von ca. 1 µsek. im Hirngewebe ca. 1 mm, im Knochengewebe ca. 2 mm (GÜTTNER, 1967).

4.1.5. Die Meßgenauigkeit wird durch die unterschiedliche Schallausbreitungsgeschwindigkeit in verschiedenen Geweben (z. B. Knochen, Hirn, Liquor) beeinträchtigt. So wird beispielsweise der Schädelknochen im Verhältnis zum Hirngewebe zu schmal abgebildet, da die Schallausbreitung im Knochen 2,4mal schneller erfolgt als im Hirngewebe. Sämtliche Ultraschallmessungen stellen primär Zeitmessungen dar. Nur auf Grund der nur sehr wenig differierenden Schallausbreitungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Körpergeweben- und -flüssigkeiten ist es möglich, eine annähernd exakte Distanzmessung durchzuführen. So liegt der Fehler, der bei Übertritt des Ultraschalles von Hirngewebe im Liquor auftritt, nur bei etwa 3 % und ist dadurch für die echoventrikulographische Diagnostik praktisch ohne Belang.

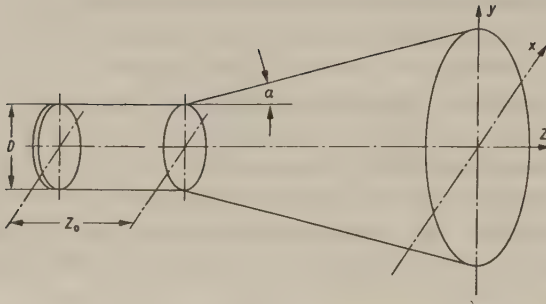


Abb. 1 Abstrahlungscharakteristik eines Schallsenders. Die linke Scheibe stellt den Sender dar. Die Schallabstrahlung erfolgt in Z-Richtung.  $Z_0$  ist die Länge des Nahfeldes, das Fernfeld öffnet sich mit dem Winkel  $\alpha$  gegen die Achse (nach KAZNER und KRESSE, 1973).

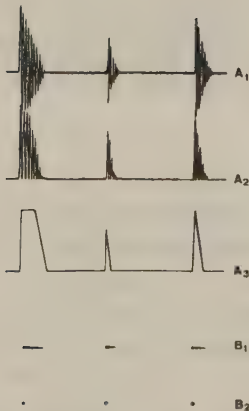


Abb. 2

Bildanzeige in der Ultraschalldiagnostik:

- $A_1$  bis  $A_3$  A-Bild-Technik,
  - $B_1$  und  $B_2$  B-Bild-Technik.
  - $A_1$  nicht gleichgerichtetes A-Bild.
  - $A_2$  gleichgerichtetes A-Bild.
  - $A_3$  gleichgerichtete, durch Hochfrequenzfilter geglättete Kurve.
  - $B_1$  linienförmige B-Bild-Anzeige.
  - $B_2$  punktförmige B-Bild-Anzeige.
- Es wird nur der Echoanstieg registriert.

(modifiziert nach GORDON, 1970)

#### 4.2. A-Bild-Technik

Für die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Messungen wurde ein Echoencephalograph der Firma Siemens, System Krautkrämmer, Typ USM 1, verwendet, der nach folgendem Grundprinzip arbeitet:

Ein piezoelektrischer Kristall im Prüfkopf wird durch einen Impuls eines hochfrequenten elektrischen Wechselfeldes zum Schwingen angeregt und wandelt die elektrischen Schwingungen in mechanische Schwingungen um, wodurch Ultraschall entsteht. Der Ultraschallimpuls durchläuft dann den zu prüfenden Körper und wird an verschiedenen Grenzflächen verschieden stark reflektiert. Der zurückgeworfene Ultraschall regt den Kristall wieder zu mechanischen Schwingungen an, der durch die Eigenschaft der Piezoelektrizität ein elektrisches Wechselfeld erzeugt. Nach Gleichrichtung, Verstärkung und Glättung durch ein Hochfrequenzfilter werden die elektrischen Schwingungen auf einem Oszilloskop dargestellt. Die zeitlich nacheinander auftreffenden Echos erscheinen als senkrechte Auslenkung des Kathodenstrahls in entsprechenden Abständen auf dem Oszilloskop. In den Sendepausen dient also der im Prüfkopf untergebrachte piezoelektrische Kristall gleichzeitig als Empfänger (Abb. 6 und 7).

Die soeben beschriebene Art der Darstellung wird als Zeit-Amplituden-Methode oder A-Bild-Technik bezeichnet; gebräuchlich ist auch der Begriff "eindimensionales Abbildungs-Verfahren".

#### 4.3. B-Bild-Technik

Bei der sogenannten B-Bild-Technik (siehe Abb. 2) oder zweidimensionalen Darstellung wird jedes Echo nur als Bildpunkt registriert. Durch Abtasten eines bestimmten Gewebsareals in einer vorher bestimmten Ebene kann auf einem speziellen Speicherschirm ein Schnittbild erzeugt werden. Diese Technik eignet sich mehr zur bildlichen Darstellung verschiedener Schnittebenen als zur exakten Messung von Distanzen (z. B. der absoluten Hirnkammerweiten) und wird vorwiegend in der Inneren Medizin, Ophthalmologie, Gynäkologie und Geburtshilfe angewandt.

#### 4.4. Untersuchungstechnik (A-mode)

Nach Eichung des Gerätes am Phantom und Bestimmung des bitemporalen und biparietalen Schädeldurchmessers mit Zirkel oder im Durchschallungsverfahren beginnt die eigentliche Untersuchung. Bei der von uns verwendeten A-Bild-Technik geht man von definierten Meßpunkten aus.

Für die Messung der cerebralen Mittellinie und des III. Ventrikels wird der Prüfkopf unmittelbar über dem Ohransatz angelegt; durch geringe Kippbewegungen können dann die Reflexionen von den genannten Strukturen meist ohne Schwierigkeiten dargestellt werden (s. Abb. 3 und 6). Das Echo von der lateralen Wand des prüfkopffernen Temporalhorns läßt sich durch leichte Kippung des Prüfkopfes nach hinten und unten auffangen (siehe Abb. 7). Diese Untersuchung gestaltet sich allerdings besonders bei Kindern oft sehr schwierig, da die reflektierende Grenzfläche sehr klein ist.

Die Untersuchung der Seitenventrikel im Cella-Media-Bereich wird von einer etwas weiter oben gelegenen, parietalen Meßstelle aus durchgeführt (siehe Abb. 3 und 7). Dies gelingt im Kindesalter meist recht gut; im Erwachsenenalter können auf Grund der stärkeren Schallabsorption im dicken Schädelknochen die Echos von den lateralen Wänden der Seitenventrikel im Cella-Media-Bereich meist nur bei Vorliegen einer stärkeren Ventrikelerweiterung sicher aufgefangen werden.

Für die vorliegende Arbeit wurden die echoencephalographischen Maße des III. Ventrikels und der Seitenventrikelbreite im Cella-Media-Bereich einer genaueren Untersuchung unterzogen.

#### 4.5. Cella-media-Index

Um die Seitenventrikelbreite, die vom biparietalen Durchmesser des Schädels abhängig ist (- der sich in den ersten Lebensmonaten rasch vergrößert -), besser bei den einzelnen Patienten vergleichen zu können, wurde der von KAZNER und HOPMAN (1973) angegebene Cella-media-Index verwendet.

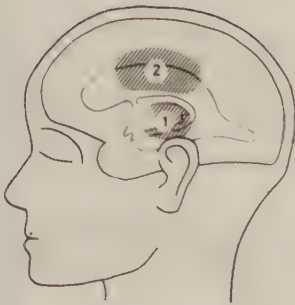


Abb. 3

Ansatzpunkte für den Schallkopf:

1 = III. Ventrikel

2 = Cella-media-Abschnitt des Seitenventrikels

(nach KAZNER und HOPMAN, 1973)

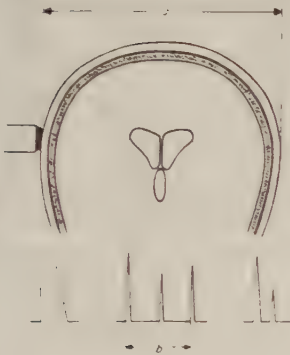


Abb. 4

Schema zur Berechnung des Cella-media-Index (CMI):

$$CMI = \frac{a}{b}$$

(nach KAZNER und HOPMAN, 1973)



Abb. 5

Plumpe Seitenventrikel bedingen hohe Echoamplituden aufgrund ihrer vergrößerten reflektierenden Oberfläche. Der Abstand der beiden Seitenventrikelechos muß den eines normalen Ventrikels nicht überschreiten.

(nach KAZNER und HOPMAN, 1973)

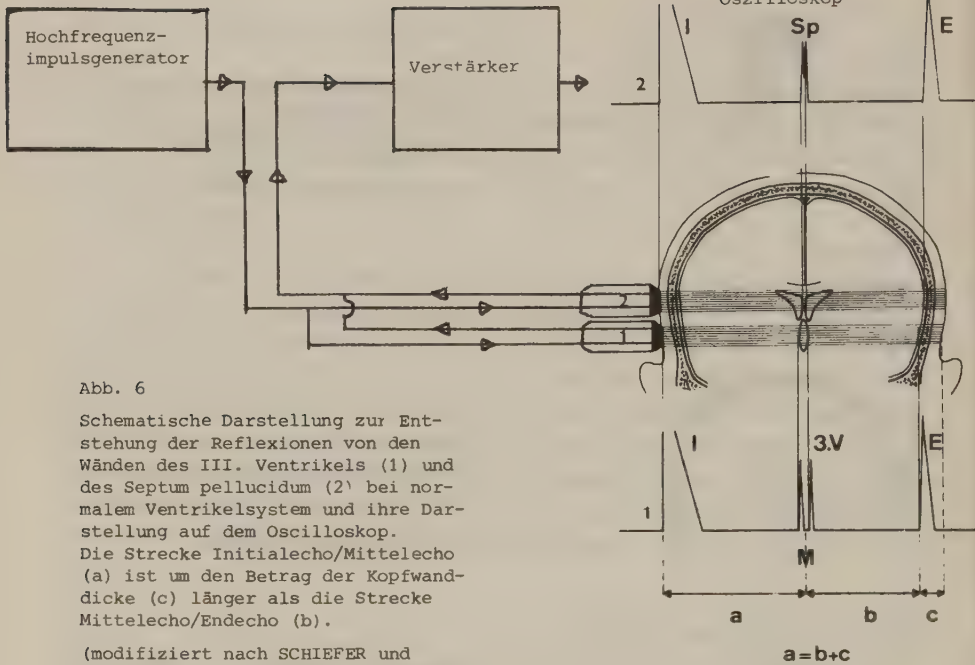


Abb. 6

Schematische Darstellung zur Entstehung der Reflexionen von den Wänden des III. Ventrikels (1) und des Septum pellucidum (2) bei normalem Ventrikelsystem und ihre Darstellung auf dem Oszilloskop. Die Strecke Initialecho/Mittelecho (a) ist um den Betrag der Kopfwanddicke (c) länger als die Strecke Mittelecho/Endecho (b).

(modifiziert nach SCHIEFER und KAZNER, 1967 und KAZNER und KRESSE, 1973)

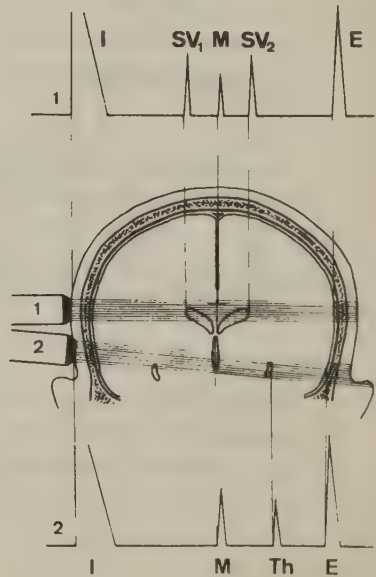


Abb. 7

Schematische Darstellung zur Entstehung der Reflexionen von den Wänden der Seitenventrikel im Cella-media-Bereich (1) und der Temporalhörner (2).

(nach SCHIEFER und KAZNER, 1967)

Dieser Index stellt den Quotienten aus biparietalem Schädeldurchmesser und Seitenventrikelbreite im Cella-media-Bereich dar und ist somit der tatsächlichen Breite der Hirnkammern in diesem Bereich reziprok proportional (siehe Abb. 4).

#### 4.6. Amplitude der Seitenventrikelechos

Neben den absoluten Meßwerten der Ventrikelbreite und dem CMI wurde auch noch die Amplitude der Seitenventrikelechos diagnostisch bewertet. Bei der Bewertung der Echoamplitude gingen wir davon aus, daß ein besonders hoher Ausschlag auf eine Vergrößerung der reflektierenden Grenzflächen schließen läßt, also meist auf ein verplumptes Ventrikelsystem hindeutet (siehe Abb. 5).

Voraussetzung für die Einbeziehung dieses diagnostischen Zeichens in die allgemeine Bewertung des Echoventrikulogramms bilden stets gleichbleibende Untersuchungsbedingungen.

Dies schließt auch das Ultraschalldiagnosegerät mit ein. Manche Apparatkonstruktionen sind aus technischen Gründen nicht für eine solche detaillierte Auswertung von Echoventrikulographien geeignet, weil alle Echos, die eine bestimmte Stärke erreichen, durch spezielle Elektronik verstärkt werden.

Dadurch entfällt die Möglichkeit, aus Form und Amplitude eines Echos Rückschlüsse auf dessen Entstehungsort zu ziehen.

## 5. ZUVERLÄSSIGKEIT ECHOVENTRIKULOGRAPHISCHER BEFUNDE - VERGLEICH ECHOVENTRIKULOGRAPHISCHER MESSUNGEN MIT UNTERSUCHUNGSERGEBNISSEN DER AXIALEN COMPUTERTOMOGRAPHIE

Um die Zuverlässigkeit echoventrikulographischer Messungen zu überprüfen, hatten KAZNER und HOPMAN (1973) bei 150 Kindern echo-graphische Befunde und pneumencephalographische Meßwerte verglichen. Dabei konnte eine sehr gute Übereinstimmung beider Meßmethoden sowohl für den III. Ventrikel wie für die Seitenventrikelbreite festgestellt werden.

Mit der von HOUNSFIELD (1973) inaugurierten axialen Computertomographie besteht heute die Möglichkeit, das Hirnkammersystem in allen Abschnitten auf nicht invasivem Wege exakt darzustellen. Daher schien es angebracht, diese neue Untersuchungsmethode zur Überprüfung echoventrikulographischer Messungen heranzuziehen. Bei der axialen Computertomographie des Gehirns kann die Weite des III. Ventrikels zumeist in der Schnittebene 2 a (AMBROSE, 1973), die Seitenventrikelbreite im Cella-Media-Bereich in Ebene 3 a bestimmt werden.

In der Zeit von Januar 1975 bis August 1976 wurden an der Neurochirurgischen Klinik der Universität München im Klinikum Großhadern 111 Kinder unter 2 Jahren mit diesen beiden Methoden untersucht. Bei einer verhältnismäßig großen Anzahl dieser Kinder lag allerdings zwischen den beiden Untersuchungen eine Zeitspanne von mehreren Wochen oder Monaten, häufig wurde zwischenzeitlich ein Ventil implantiert, da in vielen Fällen ein Hydrocephalus bestand. Für eine direkte Gegenüberstellung der Befunde eigneten sich daher nur 65 Kinder. Dabei zeigte sich eine exakte Übereinstimmung der Meßwerte für den III. Ventrikel und die Seitenventrikel bei 60 %, eine gute Übereinstimmung (Differenz 1 bis 3 mm für die Seitenventrikelbreite, 1 bis 2 mm für die Breite des III. Ventrikels) bei weiteren 17,0 % der Patienten. Bei 15 % der Patienten stimmte ein Meßwert exakt überein, der andere Wert zeigte eine gute Übereinstimmung. Somit bestand bei 92 % der Kinder dieser Vergleichsgruppe eine sehr gute bis zufriedenstellende Übereinstimmung der Meßergebnisse.

Bei den restlichen 8 % wich entweder der echoencephalographische Meßwert für den III. Ventrikel oder für die Seitenventrikel deutlich vom computertomographischen Meßwert ab. In keinem Fall wichen beide im Echoventrikulogramm gemessenen Werte stark von den computertomographisch bestimmten Weiten ab (Tab. 3).

Bei einem Kind wurde im Echoventrikulogramm die Seitenventrikelbreite im vorderen, mittleren und hinteren Abschnitt getrennt bestimmt; im Computer-Tomogramm ergab sich millimetergenau das gleiche Bild. Bei 9 Kindern konnte im Echoventrikulogramm oder im Computer-Tomogramm die Weite der III. Hirnkammer nicht genau bestimmt werden; die verbleibende Seitenventrikelbreite im Cella-Media-Bereich stimmte in 6 Fällen exakt, in 3 Fällen annähernd, überein (Tab. 4). Die Seitenventrikelbreite hingegen konnte in 5 Fällen nicht mit beiden Untersuchungsmethoden gemessen werden; die Breite des III. Ventrikels korrelierte dann jedoch bei 4 dieser Kinder. Nur bei einem Kind, das computertomographisch porencephal erweiterte Hirnkammern zeigte, blieb der echoencephalographisch gemessene Wert für die III. Hirnkammer erheblich unter dem Befund der Computer-Tomographie (Tab. 5).

Bei 4 Kindern konnten entweder keine sicher verwertbaren Reflexionen im Echoencephalogramm erhalten werden, oder es wurden so viele Reflexionen erhalten, daß eine Interpretation unmöglich wurde; die nachfolgende Computer-Tomographie ergab folgende Befunde:

Fall 1 (Computer-Tomographie Nr. 114/75):

Massiver Hydrocephalus, Hirnmanteldicke ringsum unter 15 mm; Zustand nach Ventiloperation

Fall 2 (Computer-Tomogramm Nr. 2154/75):

Massiver Hydrocephalus mit Betonung des linken Seitenventrikels; Zustand nach Ventilation.

Fall 3 (Computer-Tomogramm Nr. 3816/76):

Hirnmißbildung mit linksseitig massiv erweitertem Seitenventrikel und ektatischem Hinterhorn.

Fall 4 (Computer-Tomogramm Nr. 3997/76):

Auch das Computer-Tomogramm läßt keine eindeutige Interpretation zu; komplexe, cystische Hirnmißbildung?

Bei dem hier verglichenen Krankengut zeigt sich allgemein eine gute bis sehr gute Übereinstimmung der echoencephalographisch und computertomographisch gemessenen Werte der Hirnkammerweiten. Je stärker das Ausmaß der Ventrikelerweiterung ist, umso zuverlässiger wird offensichtlich die Ultraschallmessung.

Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, daß bei keinem der echoventrikulographisch als hinsichtlich der Ventrikelweite normal klassifizierten Kinder mit Hilfe der axialen Computer-Tomographie ein Hydrocephalus nachgewiesen werden konnte.

Tabelle 3 Weite des III. Ventrikels und Seitenventrikelbreite im Cella-media-Bereich im Echoventrikulogramm und Computer-Tomogramm gemessen (n = 65)

|                                                                                                                     | n = | %   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| Beide Werte exakt übereinstimmend:                                                                                  | 39  | 60  |
| Beide Werte annähernd übereinstimmend:<br>(Differenz 1 - 3 mm im Cella-media-Bereich, 1 - 2 mm beim III. Ventrikel) | 11  | 17  |
| Ein Wert exakt, ein Wert annähernd übereinstimmend:                                                                 | 10  | 15  |
| nur Seitenventrikelbreite deutlich* differierend:                                                                   | 3   | 5   |
| nur Breite des III. Ventrikels deutlich differierend:                                                               | 2   | 3   |
| beide Werte deutlich differierend:                                                                                  | 0   | 0   |
| Total                                                                                                               | 65  | 100 |

\* deutlich =  
Differenz über 3 mm im Cella-media-Bereich, über 2 mm beim III. Ventrikel

Tabelle 4 III. Ventrikel im Echoventrikulogramm oder Computer-Tomogramm nicht exakt bestimmbar, Seitenventrikelbreite jedoch (n = 9)

|                           | n = |
|---------------------------|-----|
| exakt übereinstimmend     | 6   |
| annähernd übereinstimmend | 3   |
| deutlich differierend     | 0   |
| Total                     | 9   |

Tabelle 5    Seitenventrikelbreite im Echoventrikulogramm oder  
Computer-Tomogramm nicht exakt bestimmbar, Breite  
des III. Ventrikels jedoch    (n = 5)

|                           | n = |
|---------------------------|-----|
| exakt übereinstimmend     | 3   |
| annähernd übereinstimmend | 1   |
| deutlich differierend     | 1   |
| Total                     | 5   |

Die Echoventrikulographie ist nach diesem Ergebnis zweifellos als geeignete Methode zur Bestimmung der Ventrikelweiten bei Kleinkindern und Säuglingen zu bezeichnen, die sowohl im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung zur ersten Orientierung als auch für Kontrolluntersuchungen angewendet werden kann.

Ein Hydrocephalusausschluß ist in dieser Altersgruppe offensichtlich mit der gleichen Sicherheit möglich, wie mit Hilfe der Computer-Tomographie.

## 6. KRANKENGUT

In der Zeit von 1969 bis Mai 1974 wurden an der neurochirurgischen Klinik der Universität München an insgesamt 1132, zum Teil mehrfach behinderten Kindern, die bei der Erstuntersuchung maximal das 2. Lebensjahr vollendet hatten, 2109 echoventrikulographische Untersuchungen durchgeführt.

Bei der Erstuntersuchung waren 818 Kinder bis zu einem Jahr alt, 314 Kinder befanden sich im Alter zwischen 1 und 2 Jahren.

720 Kinder (64 %) wurden nur einmal echoventrikulographiert, an 412 Kindern (36 %) konnten zum Teil mehrmalige Kontrolluntersuchungen im Abstand von Monaten bis zu drei Jahren durchgeführt werden (siehe Tab. 6).

Die Kinder wurden entsprechend dem Cella-media-Index bei der Erstuntersuchung in vier Gruppen eingeteilt (siehe Tab. 7). Es diene uns dazu der oben erwähnte Cella-media-Index (CMI), der auch bei dem raschen Schädel- und Gehirnwachstum in den ersten Lebensjahren vergleichbare Meßergebnisse liefert.

Die erste Gruppe enthält die als Normalwerte klassifizierten Ventrikelweiten, die zweite Gruppe die Grenzwerte, die dritte Gruppe die mäßiggradigen Ventrikelerweiterungen, die vierte Gruppe faßt alle Kinder zusammen, deren CMI bei 3,6 und darunter lag. In allen diesen Fällen kann von einem sicheren Hydrocephalus gesprochen werden.

Die Gründe zur echoventrikulographischen Untersuchung waren sehr vielfältig. Eine große Gruppe kam wegen Verdacht auf Hydrocephalus oder wegen eines zu großen Kopfumfanges, zum Teil jedoch ohne jegliche neurologische Störung. Bei vielen Kindern wurden Verlaufskontrollen nach Ventilimplantation bei Hydrocephalus durchgeführt. Bei zahlreichen Patienten lag ein Zustand nach Risikoschwangerschaft bzw. Risikogeburt vor, auch der Anteil an Frühgeburten war relativ hoch. Eine genaue Übersicht über die Zuweisungsgründe gibt die Tabelle 8.

Durch Gegenüberstellung von echoventrikulographischen Meßwerten bei Kindern mit verschiedenen cerebralen Krankheitsbildern haben wir durch Verlaufskontrollen versucht, Rückschlüsse auf die Entwicklung und Dynamik des normalen kindlichen Ventrikelsystems innerhalb der ersten beiden Lebensjahre zu ziehen.

Dabei und bei den vergleichenden computer-tomographischen Untersuchungen ergab sich in allen Fällen eine Bestätigung der früher aufgrund pneumencephalographischer Messungen eingeführten Bewertungskriterien.

Tabelle 6 Gesamtzahl der Untersuchungen: 2109

| Altersgruppe | Einzelbefund | kontr. Bef. | Anzahl d. Pat.<br>(total) |
|--------------|--------------|-------------|---------------------------|
| 0 - 1 Jahr   | 493          | 325         | 818                       |
| 1 - 2 Jahre  | 227          | 87          | 314                       |
| Gesamt       | 720          | 412         | 1132                      |

Tabelle 7

|                                   | CMI        | Gruppe                                                  |
|-----------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|
| Einteilung der Kinder in          |            |                                                         |
| 4 Gruppen                         | 4,1        | Normalbefunde                                           |
| nach dem Cella-media-Index:       | 4,1 - 3,85 | Grenzbefunde                                            |
|                                   | 3,85- 3,6  | leicht- bis mäßig-<br>gradige Ventri-<br>kelerweiterung |
| (nach KAZNER und HOPMAN,<br>1973) | 3,6        | mittelgrad.-mas-<br>sive Ventrikel-<br>erweiterung      |

Tabelle 8 Einweisungsdiagnosen und Ventrikelweite im Echo-encephalogramm bei 1132 Kindern:  
(Bei mehreren Verdachtsdiagnosen wurde nur die Hauptdiagnose bzw. -diagnosen berücksichtigt)

|                                                       | n <sub>gesamt</sub> | Normalwerte |      | Grenzwerte |      | Ventrikel-<br>erweiterung |      |
|-------------------------------------------------------|---------------------|-------------|------|------------|------|---------------------------|------|
|                                                       |                     | n           | %    | n          | %    | n                         | %    |
| Frühgeburt                                            | 47                  | 5           | 11   | 5          | 11   | 37                        | 78   |
| Zustand nach Risiko-<br>geburt, -schwanger-<br>schaft | 112                 | 25          | 22,3 | 24         | 21,4 | 63                        | 56,3 |
| Entwicklungsrückstand,<br>leicht                      | 17                  | 8           | 47   | 3          | 18   | 6                         | 35   |
| deutlich                                              | 198                 | 35          | 17,6 | 47         | 23,7 | 116                       | 58,7 |
| Koord.-, Beweg.-,<br>Tonusstörungen,                  |                     |             |      |            |      |                           |      |
| leicht                                                | 75                  | 30          | 40   | 31         | 41   | 14                        | 19   |
| deutlich                                              | 229                 | 44          | 19,2 | 40         | 17,5 | 145                       | 63,3 |
| Makrocephalie                                         | 132                 | 21          | 15,9 | 24         | 18,2 | 87                        | 65,9 |
| Mikrocephalie,<br>Kraniostenose                       | 70                  | 21          | 30   | 10         | 14   | 39                        | 56   |
| asymm. Schädel                                        | 14                  | 2           | 14   | --         | --   | 12                        | 86   |
| Subdurale Ergüsse                                     | 55                  | 9           | 17   | 10         | 18   | 36                        | 65   |
| entzündliche Prozesse<br>des Endocranium              | 50                  | 9           | 18   | 3          | 6    | 38                        | 76   |
| Tumoren, Abszesse                                     | 15                  | --          | --   | 1          | 7    | 14                        | 93   |
| Mißbildungen des ZNS<br>(bes. Celen)                  | 57                  | 6           | 10   | 2          | 4    | 49                        | 86   |
| Anfallsleiden                                         | 114                 | 37          | 32,5 | 15         | 13,2 | 62                        | 54,3 |
| multiple Mißbildungen                                 | 53                  | 5           | 9    | 5          | 9    | 43                        | 82   |
| Kontrolle bei Ventil<br>(primär)                      | 36                  | 3           | 8    | 1          | 3    | 32                        | 89   |
| Ventilversorgung im<br>Verlauf notwendig              | 68                  | --          | --   | 2          | 3    | 66                        | 97   |
| Total                                                 | 1342                |             |      |            |      |                           |      |
| <u>Einweisungssymptome</u>                            |                     |             |      |            |      |                           |      |
| Neurolog. o. B.                                       | 111                 | 51          | 45,9 | 21         | 18,9 | 39                        | 35,2 |
| Augensymptome                                         | 36                  | 8           | 22   | 7          | 20   | 21                        | 58   |
| Fontanellen, Nähte vor-<br>gewölbt, offen, gespannt   | 33                  | 5           | 16   | 6          | 18   | 22                        | 66   |
| Diaphanie nos.                                        | 18                  | 3           | 17   | 4          | 22   | 11                        | 61   |
| Somnolenz                                             | 6                   | --          | --   | 1          | 17   | 5                         | 83   |

## 7. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Bei allen Kindern wurden, soweit technisch möglich, folgende Werte gemessen:

bitemporaler Schäeldurchmesser  
biparietaler Schäeldurchmesser  
Mittelecho  
Weite des III. Ventrikels  
Endecho  
Seitenventrikelbreite im Cella-media-Bereich

Hieraus wurde der Cella-media-Index (CMI) berechnet.

Nur bei insgesamt 77 von 1132 Kindern, d. h. in 7,2 % der Fälle, konnten von den Seitenventrikelwänden keine sicher verwertbaren Reflexionen erhalten werden.

### 7.1. Gruppeneinteilung nach dem CMI

Bei der Erstuntersuchung lag bei mehr als der Hälfte der Kinder eine Ventrikelerweiterung vor.

Nur bei 251 Kindern konnten normal weite Ventrikel festgestellt werden (= 22,2 %); ein Grenzbefund ergab sich bei 197 (= 17,4 %) der untersuchten Kinder.

Eine genaue Aufschlüsselung nach der Ventrikelweite ist der Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9 Gruppeneinteilung der untersuchten Kinder nach dem CMI

| Aufschlüsselung nach CMI          | n<br>Einzel-<br>befunde | n<br>Kontroll-<br>Befunde | n<br>Gesamt | %     |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------|-------|
| <u>Altersgruppe 0 - 1 Jahr</u>    |                         |                           |             |       |
| Normalbefund                      | 149                     | 24                        | 173         | 21,2  |
| Grenzwert                         | 84                      | 70                        | 154         | 18,8  |
| leicht-mäßiggr. V.E.              | 85                      | 56                        | 141         | 17,2  |
| mittelgrad.-massive V.E.          | 116                     | 175                       | 291         | 35,6  |
| asymmetrische Ventrikel           | 9                       | ---                       | 9           | 1,1   |
| keine sicheren SV-<br>Reflexionen | 50                      | ---                       | 50          | 6,1   |
|                                   |                         |                           | 818         | 100,0 |
| <u>Altersgruppe 1 - 2 Jahre</u>   |                         |                           |             |       |
| Normalbefund                      | 62                      | 16                        | 78          | 24,6  |
| Grenzwert                         | 35                      | 8                         | 43          | 13,7  |
| leicht-mäßiggrad. V.E.            | 43                      | 10                        | 53          | 16,9  |
| mittelgrad.-massive V.E.          | 56                      | 46                        | 102         | 32,7  |
| asymmetr. Ventrikel               | 5                       | ---                       | 5           | 1,6   |
| keine sicheren SV-<br>Reflexionen | 27                      | 6                         | 33          | 10,5  |
|                                   |                         |                           | 314         | 100,0 |
| <u>Gesamt (0 - 2 Jahre)</u>       |                         |                           |             |       |
| Normalbefund                      | 211                     | 40                        | 251         | 22,2  |
| Grenzwert                         | 119                     | 78                        | 197         | 17,4  |
| leicht-mäßiggr. V.E.              | 128                     | 66                        | 194         | 17,1  |
| mittelgr.-massive V.E.            | 172                     | 221                       | 393         | 34,9  |
| asymmetr. Ventr.                  | 14                      | ---                       | 14          | 1,2   |
| keine sicheren SV-<br>Reflexionen | 77                      | 6                         | 83          | 7,2   |
|                                   |                         |                           | 1132        | 100,0 |

## 7.2. Korrelation der einzelnen Meßwerte

Das Verhalten der Weite des III. Ventrikels zeigte bei einer Mittelwertberechnung in den einzelnen Gruppen eine recht gute Korrelation mit dem CMI. So lag bei den einzeln untersuchten Kindern (n = 630) der Mittelwert für den III. Ventrikel in der Gruppe normaler Cella-Media-Indizes bei 3,32 mm, in der Gruppe der Cella-Media-Grenzbereiche bei 3,82 mm, in der Gruppe der mäßiggradigen Seitenventrikelerweiterungen bei 4,7 mm und in der Gruppe der höhergradig hydrocephalen Kinder bei 7,09 mm. Mit Zunahme der Seitenventrikelbreite nahm der Prozentsatz normaler III. Ventrikel kontinuierlich ab; es kamen jedoch selbst bei Kindern mit hochgradigem Hydrocephalus normal weite III. Ventrikel vor, so daß im Einzelfall aus der Weite der III. Hirnkammer kein sicherer Rückschluß auf den Zustand des gesamten Ventrikelsystems gezogen werden kann (vgl. auch KAZNER und HOPMAN, 1973) (Abb. 8).

Dies verdeutlicht auch die Berechnung der Standardabweichungen, die wir bei den nur einmalig untersuchten Kindern durchführten. Dabei zeigte sich, daß mit Zunahme der Weite der III. Hirnkammer auch die Varianz der Einzelwerte erheblich größer wird (Tab. 10, 11; Abb. 8). Dieses Phänomen trifft vor allem für Kinder im 1. Lebensjahr zu; im 2. Lebensjahr wird die Korrelation deutlich enger (siehe Tab. 10; Abb. 8).

Der Anteil normaler Werte für den III. Ventrikel nimmt mit Zunahme der Seitenventrikelbreite entsprechend ab (Tab. 11).

Bei den mehrfach untersuchten Kindern fanden wir eine gute Korrelation des Verhaltens des III. Ventrikels mit den gemessenen CMI-Werten:

Eine Vergrößerung oder Verkleinerung der seitlichen Hirnkammern ging fast stets mit einer entsprechenden Veränderung des III. Ventrikels einher. Der Umfang dieser Veränderungen variierte jedoch von Fall zu Fall erheblich, so daß bei den Kontrolluntersuchungen ebenfalls alle Werte gemessen werden mußten und man allein auf Grund der Weite des III. Ventrikels keine sichere Aussage über den Zustand des gesamten Hirnkammer-Systems machen konnte. Auffallend war der Befund, daß einer Erweiterung der

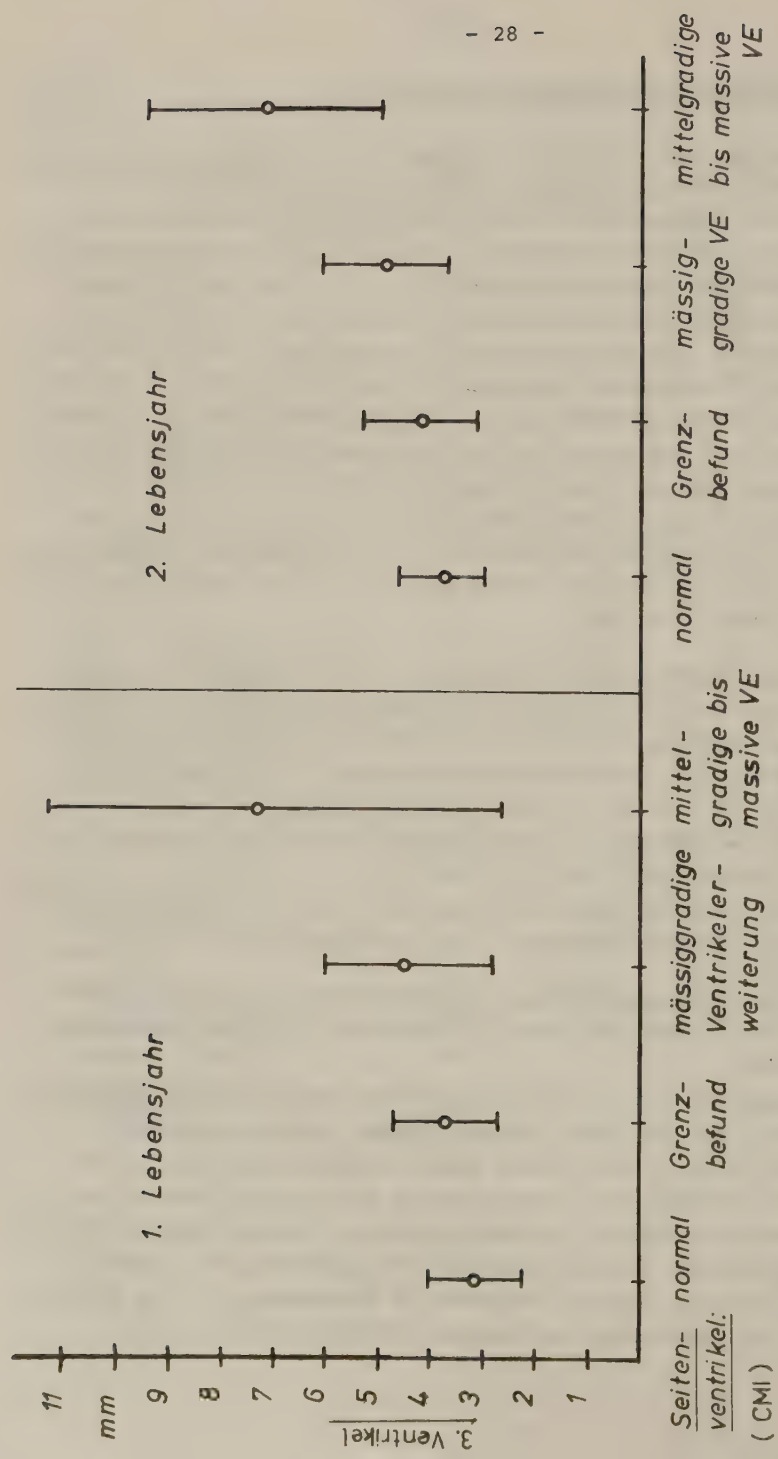


Abb. 8 : Korrelation zwischen Weite des 3. Ventrikels und dem CMI in den beiden ersten Lebensjahren. ( $\bar{x} \pm s$ )

Tabelle 10 Mittlere Weite des III. Ventrikels bei Kindern in den ersten beiden Lebensjahren (Normalbefunde und Ventrikelerweiterungen)

| bei                          | 0 - 1 Jahre |                |           | 1 - 2 Jahre |                |           | gesamt<br>0-2 Jhr. | n <sub>total</sub> |
|------------------------------|-------------|----------------|-----------|-------------|----------------|-----------|--------------------|--------------------|
|                              | n           | III.V.<br>(mm) | s<br>(mm) | n           | III.V.<br>(mm) | s<br>(mm) | III.V.<br>(mm)     |                    |
| Normalbefunden               | 149         | 3,12           | 0,85      | 62          | 3,80           | 0,79      | 3,32               | 211                |
| Grenzwerten                  | 84          | 3,66           | 1,02      | 35          | 4,20           | 1,11      | 3,82               | 119                |
| mäßiggrad. V.E.              | 85          | 4,60           | 1,59      | 43          | 4,90           | 1,20      | 4,70               | 128                |
| mittelgrad.-<br>massive V.E. | 116         | 7,03           | 4,37      | 56          | 7,20           | 2,24      | 7,09               | 172                |

Tabelle 11 III. Ventrikel unter 4 mm bei Kindern in den ersten beiden Lebensjahren

| bei                           | 0 - 1 Jhr. |      | 1 - 2 Jhr. |      | 0-2Jhr.<br>gesamt | n <sub>total</sub> |
|-------------------------------|------------|------|------------|------|-------------------|--------------------|
|                               | n          | %    | n          | %    | %                 |                    |
| Normalbefunden                | 149        | 91,9 | 62         | 73,8 | 86,3              | 211                |
| Grenzwerten                   | 84         | 79,8 | 35         | 60,0 | 73,9              | 119                |
| mäßiggrad. V.E.               | 85         | 51,7 | 43         | 30,2 | 44,5              | 128                |
| mittelgrad.-<br>massiver V.F. | 116        | 25,8 | 56         | 8,9  | 20,3              | 172                |

III. Hirnkammer zeitlich fast immer eine Erweiterung der Seitenventrikel vorausging.

Bei den Kindern mit höhergradigem Hydrocephalus war die Breite des III. Ventrikels nicht immer mit Sicherheit zu bestimmen; daher ist in dieser Gruppe eine prozentuale Angabe der Korrelation

mit dem Cella-Media-Index nicht möglich. Die Tabelle 12 gibt Auskunft über die Korrelation in den verbleibenden Gruppen.

Tabelle 12 Korrelation der Weite des III. Ventrikels mit dem CMI bei echoventrikulographischen Verlaufskontrollen

| bei            | 0 - 1 Jhr. |    | 1 - 2 Jhr. |    | Gesamt | 0 - 2 Jhr. |
|----------------|------------|----|------------|----|--------|------------|
|                | n          | %  | n          | %  | n      | %          |
| Normalbefunden | 21/24      | 87 | 13/16      | 81 | 34/40  | 85         |
| Grenzbefunden  | 59/70      | 84 | 7/8        | 87 | 66/78  | 85         |
| mäßiggrad.V.E. | 48/56      | 86 | 8/10       | 80 | 56/66  | 85         |

### 7.3. Veränderungen der Seitenventrikelbreite in den ersten beiden Lebensjahren bei Normal- und Grenzbefunden

Von besonderem Interesse schien uns die Frage, ob sich im Verlauf der ersten beiden Lebensjahre der CMI ändert, bzw. ob eine geringgradige "Ventrikelerweiterung" bei jungen, termingerecht geborenen Säuglingen physiologisch sei (VALKEAKARI, 1973).

Auf Grund der umfangreichen Untersuchungsergebnisse konnte am vorliegenden Krankengut ein solches Verhalten jedoch nicht bestätigt werden. Während die Mittelwerte für den biparietalen Schädeldurchmesser und die absoluten Werte der Seitenventrikelbreite im Cella-media-Bereich kontinuierlich im Verlauf des Beobachtungszeitraumes anstiegen, blieb bei den als Normal- bzw. Grenzwert klassifizierten Kindern der Cella-media-Index in etwa gleich (siehe Abb. 9).

### 7.4. Entwicklung der Ventrikelweite bei Frühgeborenen

Bei 15 Frühgeborenen mit geringgradig erweiterten Ventrikeln sahen wir 7 Fälle, deren Hirnkammererweiterung sich spontan bis zum Erreichen des 2. Lebensjahres zurückbildete.

In den verbleibenden 8 Fällen verlief die weitere körperliche und geistige Entwicklung nicht normal; bei drei Kindern blieb

Tabelle zu Abb. 9 Verhalten der Seitenventrikel in den beiden ersten Lebensjahren (Normal- und Grenzbefunde)

| Alter<br>(Monate) | Fall-<br>zahl | biparietaler Kopf-<br>durchmesser |       | Seitenventrikel-<br>breite |      | CMI       |     |      |
|-------------------|---------------|-----------------------------------|-------|----------------------------|------|-----------|-----|------|
|                   |               | $\bar{x}$                         | (mm)  | s                          | (mm) | $\bar{x}$ | s   |      |
|                   | 3/4           | 10                                | 92,2  | 5,2                        | 22,0 | 2,4       | 4,2 | 0,28 |
| 1                 | 1/2           | 14                                | 96,9  | 6,7                        | 22,6 | 1,7       | 4,3 |      |
| 3                 |               | 23                                | 104,8 | 4,9                        | 25,5 | 2,0       | 4,1 |      |
| 3                 | 1/2           | 17                                | 108,2 | 7,6                        | 26,1 | 2,7       | 4,1 |      |
| 4                 |               | 11                                | 107,2 | 5,8                        | 25,5 | 1,7       | 4,2 |      |
| 4                 | 1/2           | 15                                | 114,8 | 6,8                        | 28,1 | 1,9       | 4,1 |      |
| 5                 |               | 20                                | 112,8 | 8,1                        | 27,4 | 2,9       | 4,1 |      |
| 5                 | 1/2           | 14                                | 112,2 | 7,6                        | 26,9 | 2,5       | 4,2 |      |
| 6                 |               | 17                                | 120,1 | 7,0                        | 29,6 | 2,7       | 4,1 |      |
| 6                 | 1/2           | 26                                | 115,7 | 8,5                        | 27,2 | 3,2       | 4,3 |      |
| 7                 |               | 29                                | 114,5 | 5,5                        | 28,2 | 2,3       | 4,1 |      |
| 7                 | 1/2           | 22                                | 117,7 | 5,4                        | 28,4 | 0,9       | 4,1 |      |
| 8                 |               | 10                                | 123,0 | 8,4                        | 29,8 | 3,0       | 4,1 |      |
| 9                 |               | 26                                | 120,8 | 8,6                        | 29,4 | 1,6       | 4,1 |      |
| 9                 | 1/2           | 14                                | 119,9 | 5,9                        | 29,6 | 1,9       | 4,1 |      |
| 10                |               | 14                                | 118,9 | 7,1                        | 28,7 | 2,2       | 4,1 |      |
| 11                |               | 10                                | 120,4 | 10,6                       | 29,6 | 3,4       | 4,1 |      |
| 12                |               | 13                                | 121,7 | 6,6                        | 28,6 | 3,5       | 4,3 |      |
| 12                | 1/2           | 14                                | 123,2 | 5,7                        | 29,7 | 1,1       | 4,1 | 0,53 |
| 13                | 1/2           | 13                                | 117,0 | 8,2                        | 28,3 | 2,5       | 4,1 |      |
| 15                |               | 10                                | 125,0 | 7,1                        | 30,5 | 2,3       | 4,2 |      |
| 18                |               | 10                                | 128,5 | 4,9                        | 31,2 | 1,7       | 4,1 |      |
| 19                |               | 16                                | 129,3 | 6,9                        | 31,5 | 2,3       | 4,1 |      |
| 23                | 1/2           | 8                                 | 132,1 | 7,7                        | 30,5 | 2,2       | 4,3 |      |

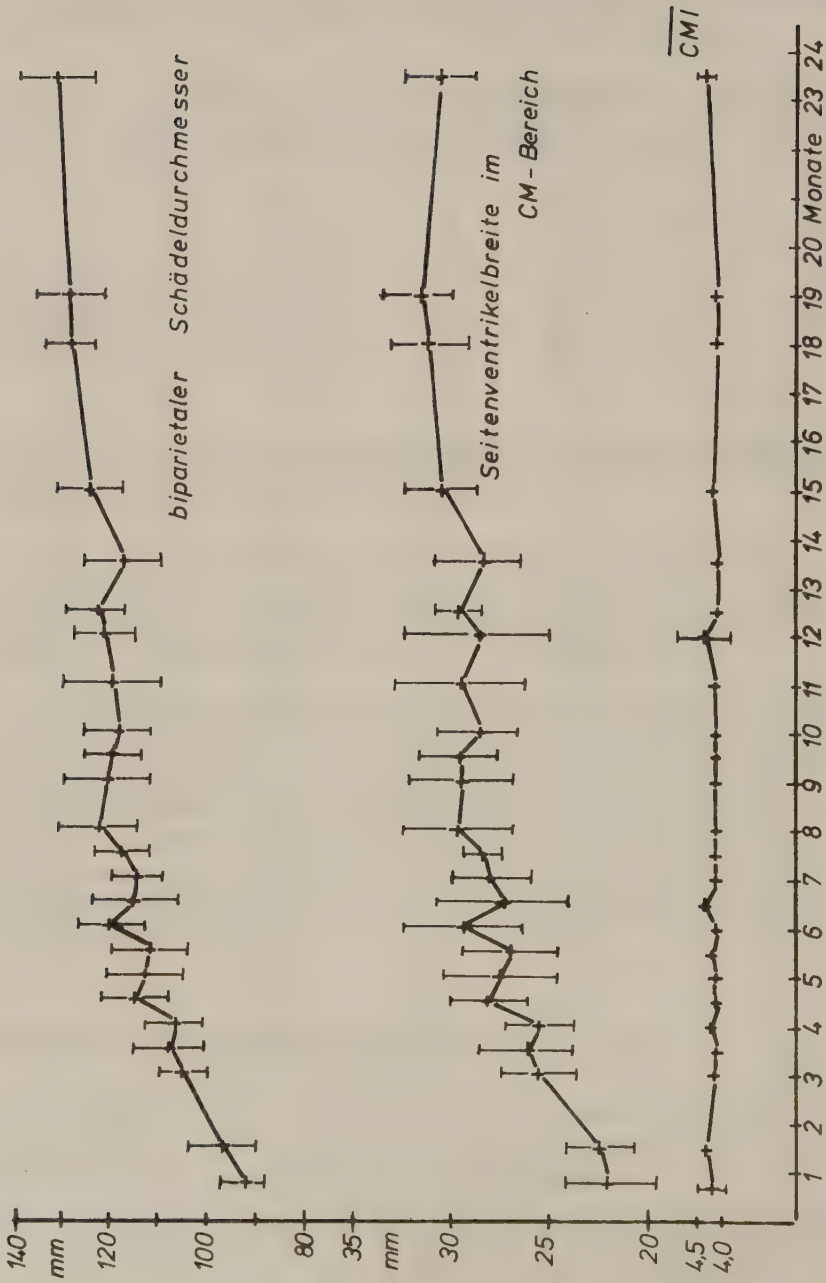


Abb. 9 : Verhalten des Schäeldurchmessers, der Seitenventrikelbreite im Cella-media-Bereich und des CMI in den beiden ersten Lebensjahren. ( $\bar{x} \pm s$ )

die Ventrikelerweiterung unverändert bestehen, bei 5 Kindern verstärkte sie sich sogar noch; in 2 Fällen wurde im Verlauf eine liquorableitende Operation notwendig.

Diese Beobachtungen stimmen auch mit den entwicklungsgeschichtlich-anatomischen Befunden überein, nach denen das Zentralnervensystem bei der Geburt bezüglich seiner Morphologie im wesentlichen ausgereift ist (BOENIG, BERTOLINI, 1967).

### 7.5. Amplitude der Seitenventrikelechos

Die Analyse der Amplituden der Seitenventrikelechos bei den einzeluntersuchten Kindern ergibt, daß in der Gruppe der normalen CMI-Befunde nur bei 7,7 % der Kinder eine abnorme Echohöhe bestand, bei der Gruppe der CMI-Grenzbefunde lag der Anteil bereits bei 42,9 %, bei CMI-Werten unter 3,8 konnte dieses Phänomen praktisch immer beobachtet werden (siehe Tab. 13).

Tabelle 13 Reflexionen im SV-Bereich (Cella-media), Einzeluntersuchungen

| bei                              | 0 - 1 Jhr. |              | 1 - 2 Jhr. |              | gesamt       | n <sub>gesamt</sub> |
|----------------------------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------------|
|                                  | n          | %            | n          | %            | %            |                     |
| Normal-<br>befunden              | 149        | 5,4          | 62         | 13,1         | 7,7          | 211                 |
| Grenz-<br>werten                 | 84         | 40,5         | 35         | 48,6         | 42,9         | 119                 |
| mäßiggrad.<br>V.E.               | 85         | } ca.<br>100 | 43         | } ca.<br>100 | } ca.<br>100 | 128                 |
| mittelgrad.-<br>massives<br>V.E. | 116        |              | 56         |              |              | 172                 |

### 7.6. Verhalten der Seitenventrikelbreite bei cerebralen Erkrankungen

Schon bei den Erstuntersuchungen hatte sich eine gute Übereinstimmung zwischen klinischem Bild bzw. Einweisungsdiagnose und gemessenen Ventrikelweiten ergeben (vgl. Tab. 8,

Bei einer weiteren Analyse gingen wir der Frage nach, wie im Verlauf der einzelnen Erkrankungen sich der Cella-media-Index spontan verhält. Auch hier zeigte sich eine gute Korrelation zwischen der Schwere der neurologischen Symptomatik und den echoencephalographischen Meßwerten. Bei Frühgeborenen mit ungestörter Entwicklung, Kindern mit leichtem Entwicklungsrückstand bzw. leichten Koordinations-, Bewegungs- oder Tonusstörungen, bei makrocephalen ohne stärkere Ventrikelerweiterung und bei Kindern nach operativer Korrektur einer Craniostenose, bzw. Entfernung subduraler Ergüsse ließ sich sehr häufig eine spontane Normalisierung des CMI im Beobachtungszeitraum feststellen. Dagegen nahm die Ventrikelweite in der Regel bei Kindern zu, die eine Meningoencephalitis durchgemacht hatten und bei Patienten mit schweren Mißbildungen des Zentralnervensystems (Encephalocelen, Meningomyelocelen, Porencephalie, Arnold-Chiari-Syndrom u. a.), sowie bei Kindern mit intrakraniellen Tumoren im Bereich der hinteren Schädelgrube. Bei vielen dieser zuletzt genannten Patienten wurde wegen der zunehmenden Ventrikelerweiterung eine liquorableitende Operation erforderlich. Dies traf auch auf einige Kinder nach Kleinhirntumorexstirpation zu, bei denen nach Entfernung des Tumors eine Liquorresorptionsstörung auftrat.

Erwartungsgemäß zeigten Kinder mit BNS-Krämpfen und anderen cerebralen Krampfanfällen und Absencen keine verwertbare Beziehung der Ventrikelweiten zum Krankheitsverlauf (Tab. 14).

Im Verlauf unserer Beobachtungen wurde bei 68 Kindern eine liquorableitende Operation notwendig.

66 dieser Kinder (= 97 %) hatten bereits bei der ersten Untersuchung eine Ventrikelerweiterung; keines der bei der Erstunter-

Tabelle 14 Spontanes Verhalten der Ventrikelweite bei neurologischen Erkrankungen im Säuglings- und Kleinkindesalter

|                                                | n     |  | Besserung |    | status quo |    | Verschlechterung |    |
|------------------------------------------------|-------|--|-----------|----|------------|----|------------------|----|
|                                                | total |  | n         | %  | n          | %  | n                | %  |
| Frühgeborene                                   | 15    |  | 7         | 47 | 3          | 20 | 5                | 33 |
| Stat. p.                                       |       |  |           |    |            |    |                  |    |
| Risikogeb.,<br>-Schwangersch.                  | 44    |  | 17        | 38 | 9          | 21 | 18               | 41 |
| Entwicklungs-<br>rückstand                     |       |  |           |    |            |    |                  |    |
| leicht                                         | 8     |  | 7         | 87 | --         | -- | 1                | 13 |
| deutlich                                       | 65    |  | 23        | 35 | 25         | 39 | 17               | 26 |
| Koord.-, Beweg.-,<br>Tonusstörung              |       |  |           |    |            |    |                  |    |
| leicht                                         | 25    |  | 13        | 52 | 9          | 36 | 3                | 12 |
| deutlich                                       | 97    |  | 28        | 29 | 30         | 31 | 39               | 40 |
| Makrocephalus                                  | 72    |  | 27        | 32 | 20         | 28 | 29               | 40 |
| Mikrocephalus                                  | 16    |  | 8         | 50 | 4          | 25 | 4                | 25 |
| Kraniostenose,<br>St. p. Op.                   | 5     |  | 4         | 80 | --         | -- | 1                | 20 |
| Schädelasymmetrie                              | 6     |  | 3         | 50 | 1          | 17 | 2                | 33 |
| Schädel-Hirntrauma                             | 14    |  | 1         | 7  | 7          | 50 | 6                | 43 |
| Subdur. Ergüsse,<br>St. p. Op.                 | 15    |  | 5         | 33 | 5          | 33 | 5                | 33 |
| Entzündliche Pro-<br>zesse im Endo-<br>cranium | 26    |  | 3         | 12 | 4          | 15 | 19               | 73 |
| Tumoren, Hirn-<br>abszesse (auch<br>p. Op.)    | 9     |  | 2         | 22 | 2          | 22 | 5                | 56 |
| Celen u. andere<br>zentralnervöse<br>Mißbildg. | 40    |  | 3         | 8  | 5          | 12 | 32               | 80 |
| Anfallsleiden                                  | 35    |  | 8         | 23 | 11         | 31 | 16               | 46 |
| intrakran.Druck-<br>steig.unklarer<br>Genese   | 28    |  | 4         | 14 | 6          | 22 | 18               | 64 |

(Bei mehreren Verdachtsdiagnosen wurden nur die Hauptdiagnosen berücksichtigt.)

In der Gruppe der Kinder, deren CMI sich im Beobachtungszeitraum verschlechterte, wurde in den meisten Fällen eine Ventilimplantation erforderlich.

suchung als Normalbefund klassifizierten Kinder mußte sich im weiteren Verlauf einer Ventiloperation unterziehen.

7.7. In der Gruppe der 0- bis 1jährigen erreichten von den Kindern mit gering- bis mäßiggradiger Ventrikelerweiterung 36 %, von den Kindern mit stärkerer Ventrikelerweiterung 5 % spontan Normal- bzw. Grenzwerte der Ventrikelerweiterung im Beobachtungszeitraum. In der Gruppe der 1- bis 2jährigen waren es mit 10 % bzw. 4 % bedeutend weniger (vgl. Tab. 15). Bei den sich spontan bessernden Kindern handelte es sich im wesentlichen um Zustand nach operativer Korrektur einer Kraniostenose bzw. um Frühgeborene.

Tabelle 15 Erreichen von Normal- bzw. Grenzwerten des CMI bei vorher bestandener V.E. (Spontanbesserung)

Gesamt: 30/278 Kinder ohne Ventil = 10,8 %

| davon:<br>Jahre | leicht-mäßiggr. V.E. |        | mittelgrad. bis<br>hochgr. V. E. |       | gesamt |
|-----------------|----------------------|--------|----------------------------------|-------|--------|
| 0 - 1           | 20/56                | = 36 % | 8/166                            | = 5 % | 13 %   |
| 1 - 2           | 1/10                 | = 10 % | 2/ 46                            | = 4 % | 5 %    |

7.8. Schließlich erfolgte noch eine genauere Analyse von 14 Kindern mit deutlich asymmetrischen Seitenventrikeln. Dabei zeigte sich in der Mehrzahl der Fälle eine stärkere Erweiterung des rechten Seitenventrikels; ein Befund, für den wir keine Erklärung finden konnten. Die Asymmetrie hatte bei diesen Kindern in 6 Fällen zu einer Verlagerung des Mittelechos geführt (= 43 %); deutlich klinisch-neurologische Seitenzeichen wurden nur bei 2 Kindern angegeben (= 14 %; (vgl. Tab. 16).

Tabelle 16    Asymmetrische Seitenventrikel

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| <u>Gesamt</u>      | <u>14/1132 = 1,2 %</u> |
| <u>0 - 1 Jahr</u>  | <u>9/ 818 = 1,1 %</u>  |
| <u>1 - 2 Jahre</u> | <u>5/ 314 = 1,6 %</u>  |

|                             |                |                |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| <u>Ventrikelerweiterung</u> | rechts > links | rechts > links |
|                             | 11     = 79 %  | 3     = 21 %   |

Mittellecho verlagert

|             |             |
|-------------|-------------|
| 0 - 1 Jahr  | 4/ 9 = 44 % |
| 1 - 2 Jahre | 2/ 5 = 40 % |
| Gesamt      | 6/14 = 43 % |

Deutlich neurologische Seitenzeichen

$$n = 2 / 14 = 14 \%$$

WITELSON und PALLIE (1973) zeigten in einer anatomischen Messung der Gehirne von 14 Neugeborenen und 16 Erwachsenen, daß die linke Temporalregion bei Neugeborenen statistisch signifikant größer als bei Erwachsenen ist und vermuteten, daß diese Asymmetrie das anatomische Korrelat zur Sprachentwicklung darstellt.

KAZNER, MIKSCHICZEK und RICHTER (1975) beobachteten in einer Studie, daß bei Kindern mit Sprachentwicklungsrückstand häufiger eine linksseitige Ventrikelerweiterung besteht. Diese Befunde bedürfen jedoch noch einer weiteren Überprüfung.

## 8. DISKUSSION

Der Wert der eindimensionalen Echoencephalographie zur Bestimmung der Ventrikelweite bei Säuglingen und Kleinkindern wird von zahlreichen Autoren unterstrichen, (ARGYROPOULOS, 1967; GRUMME, MEESE und FRÖMEL, 1974; KAZNER und HOPMAN, 1973; KRIJGSMAN, 1972; SCHIEFER, 1974 u. v. a.). Während die Weite des 3. Ventrikels bereits ausführlich durch echoventrikulographische Messungen in diesem Lebensabschnitt untersucht wurde (KAZNER und MAIER-HAUFF, 1972; FEUERLEIN u. DILLING, 1967), fehlen bisher eingehende Studien zur Frage der normalen Breite der Seitenventrikel im Cella-media-Bereich bei Kindern in den ersten beiden Lebensjahren.

Pneumencephalographische Studien bei normalen Kindern sind aus verständlichen Gründen bisher nicht durchgeführt worden. Alle diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse beruhen auf Studien bei Kindern mit Verdacht auf das Vorliegen eines cerebralen Prozesses. Die Beurteilungskriterien für die Ventrikelweite wurden praktisch von den pneumencephalographischen Untersuchungsergebnissen bei Erwachsenen übernommen (KAZNER und HOPMAN, 1973; MELCHIOR, 1961; SCHLAGENHAUFF, MAZUROWSKI und KRATZER, 1971; LAUBER, 1965).

Auch die Analyse von KAZNER und HOPMAN (1973) zur Frage der Bewertung des SCHIERSMANN'schen Seitenventrikelindex (1942) mit dem Ziel einer neuen Einteilung nach dem Schweregrad eines Hydrocephalus beruht auf der Auswertung von Pneumencephalographien an Kindern mit neurologischen Störungen.

Als exakte neuroradiologische Untersuchung bietet sich neuerdings die nicht invasive, craniale Computertomographie an (HOUNSFIELD, 1973; AMBROSE, 1973; HACKER, 1975).

Bei Säuglingen und Kleinkindern ist diese Untersuchung jedoch nur in Allgemeinnarkose möglich, da sonst die Beurteilbarkeit der Hirnschnitte erheblich eingeschränkt würde (KAZNER, LANKSCH und STEINHOFF, 1976). Damit erfordert die Indikation zu dieser Untersuchung ebenfalls strenge Auswahlkriterien.

Die Echoventrikulographie erreicht in ihrer Aussagefähigkeit zwar nicht die Pneumencephalographie oder die Computertomographie; einfache Ventrikelmessungen, vor allem im Bereich des 3. Ventrikels und der Cella media der Seitenventrikel sind aber durchaus mit einem hohen Grad an Zuverlässigkeit möglich (KAZNER und HOPMAN, 1973). Die Methode ist daher zweifellos als ideales Verfahren für screening-Untersuchungen und für Verlaufskontrollen bei neurologischen Erkrankungen, speziell beim kindlichen Hydrocephalus, anzusehen.

Aufgrund der guten Durchlässigkeit des kindlichen Schädelknochens für Ultraschall ist die Echoencephalographie gerade in den ersten Lebensjahren meist mit Erfolg einzusetzen (SCHIEFER, KAZNER, 1967; PIA und GELETNEKY, 1968). Nach KAZNER, MIKSCHICZEK und RICHTER (1975) können bei Kindern bis zum 10. Lebensjahr mit normal weitem Ventrikelsystem in 80 - 90 % der Fälle Echos von den Seitenventrikelwänden im Cella-media-Bereich erhalten werden; bei Kindern mit erweiterten Hirnkammern sind aufgrund der besseren Reflexionsbedingungen fast immer einwandfrei zu interpretierende Ventrikelwandechos aufzufangen. Die hier dargestellten Ergebnisse decken sich voll mit diesen Befunden.

Die in der Literatur angegebenen Normalwerte der Weite der kindlichen Hirnkammern differieren ganz erheblich. Dies ist sicher z. T. darauf zurückzuführen, daß für die echoventrikulographischen Messungen sehr unterschiedliche Prüfkopfansatzstellen verwendet wurden (Vorderhörner, Cella-media-Bereich, Trigonumbe reich). Die Werte können daher kaum miteinander verglichen werden (Tab. 17).

Bei den hier vorgelegten Untersuchungen wurde von genau definierten Prüfkopfansatzstellen über dem Cella-media-Bereich der Seitenventrikel ausgegangen, um jederzeit reproduzierbare Werte zu erzielen.

Um auch einen Vergleich mit den nach dem von SJÖGREN (1965) angegebenen "lateral ventricle index" (LVI) durchgeführten Messungen vornehmen zu können, wurden korrespondierende Werte des CMI und des LVI in Tabelle 18 gegenübergestellt. Zur Berechnung des In-

Tab. 17 Normalwerte der Ventrikelweiten in der Literatur  
(Echoencephalographische und pneumencephalographische  
Befunde)

|                                      | 3. Ventrikel (mm)                   | LVI                            | $\pm$         | CMI                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| Evans (1942)                         |                                     | 0,23                           | (0,16 - 0,29) | 4,35                                    |
| Schiersmann (1942)                   | bis 5,0                             |                                |               |                                         |
| Davidoff, Dyke (1943)                | 2,0 - 8,0                           |                                |               |                                         |
| Schiefer, Kazner,<br>Brückner (1963) | 2,0 - 6,0                           |                                |               |                                         |
| Jakobi, Schuch (1966)                | 44 % der Früh-<br>geb. über<br>4 mm |                                |               |                                         |
| Feuerlein, Dilling (1967)            | 2,0 - 6,0                           |                                |               |                                         |
| Schiefer, Kazner (1967)              | 2,5 - 5,5                           |                                |               |                                         |
| Sjögren (1967)                       |                                     | $\leq 0,33$                    |               | $\geq 3,03$                             |
| Pia, Geletneky (1968)                | $\leq 7,0$                          |                                |               |                                         |
| Krijgsman (1970)                     | $\leq 4 - 6$                        | 0,33                           |               | 3,03<br>(Grenzwert)                     |
|                                      |                                     | 0,28                           |               | 3,57<br>(Mittelwert)                    |
| West (1970)                          | $\leq 8$                            | $\leq 0,35$                    |               | $\geq 2,86$                             |
| Mostafawi (1971)                     | $\leq 6$                            | 0,32 - 0,2                     |               | 3,12-5,0                                |
| Grumme, Frömmel, Meese<br>(1971)     | 2,5 - 4<br>(Frühgeb.)               |                                |               |                                         |
| Rosengren, Carlsson (1972)           | 2 - 8; MW 5,0                       | 0,3 (0,24-0,33)                |               | 3,33                                    |
| Kazner, Hopman (1973)                | $\leq 4 - 5$<br>(Säugling)          |                                |               |                                         |
|                                      | $\leq 5,0$<br>(Kinder)              | $\leq 0,244$                   |               | $\geq 4,1$                              |
|                                      | $\leq 7,0$<br>(bis 60 J.)           |                                |               | $< 3,8$<br>= stets<br>patholo-<br>gisch |
| Valkeakari (1973)                    |                                     | 0,313<br>(gesunde Neugeborene) |               | 3,195                                   |

dex muß beim Vergleich mit den radiologischen Methoden die Dicke der Kopfschwarte berücksichtigt werden, die bei der echoventrikulographischen Messung zusätzlich in die Berechnung eingeht. LAUBER (1965), WOLFF und BRINKMANN (1940) haben sogar nur die innere Schädelbreite für ihre Messungen herangezogen. Aus praktischen Erwägungen heraus haben wir den biparietalen Kopfdurchmesser mittels Tasterzirkel gemessen und als Dividend bei der Berechnung des CMI verwendet. Die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegende Klassifikation in Normalwerte, Grenzwerte und pathologische Befunde gründet sich auf den Vorschlag von KAZNER und HOPMAN (1973) sowie KRISCHEK (1959). Ein Vergleich mit computertomographischen Meßergebnissen bestätigte diese Beurteilungsgrundlagen.

Auch bei Berücksichtigung der neurologischen Symptomatik bzw. des Schweregrades einer neurologischen Erkrankung ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung mit den echoventrikulographischen Meßwerten.

Nach unseren Untersuchungsergebnissen kann bereits kurze Zeit nach der Geburt bei einem reifen Kind mit einem normalen Cella-media-Index gerechnet werden, wie er auch für spätere Lebensabschnitte zutrifft. Nur bei Frühgeborenen besteht häufig anfangs ein "pathologisch" niedriger CMI, der sich bei ungestörter Entwicklung des Kindes spontan normalisiert (vgl. GRUMME, MEESE, FRÖMMEL, 1974).

Der Anteil reifer, direkt nach der Geburt untersuchter Kinder ist im vorliegenden Untersuchungsgut zu gering, um eine verbindliche Aussage für diese Altersgruppe zu machen. Ein Vergleich mit den Befunden von VALKEAKARI (1973), der gesunde Neugeborene untersucht hat, ist daher nicht möglich.

Im Laufe der ersten beiden Lebensjahre tritt nach unseren Verlaufsbeobachtungen keine wesentliche Veränderung der relativen Ventrikelweite bei normalem Hirnkammersystem auf, d. h. der CMI schwankt in relativ engen Grenzen. Die Normalwerte lagen im Mittel zwischen 4,1 und 4,3.

Tab. 18 Korrespondierende Werte des Cella-media-Index (CMI)  
und des Lateral ventricle index (LVI)

(nach: KAZNER, E., MIKSCHICZEK, D. und RICHTER, S.,  
1975)

| CMI                                     |       | LVI                           |                            |
|-----------------------------------------|-------|-------------------------------|----------------------------|
| (Klassifikation nach Kazner und Hopman) |       | (Klassifikation nach Sjögrer) |                            |
| Ventrikelweite                          |       |                               |                            |
| normal                                  | > 4,1 | 0,24                          |                            |
|                                         | 4,1   |                               |                            |
| Grenzbefund                             | 4,0   | 0,25                          |                            |
|                                         | 3,9   |                               |                            |
|                                         | 3,8   | 0,26                          | normal                     |
| pathologisch                            | 3,7   | 0,27                          |                            |
|                                         | 3,6   | 0,28                          |                            |
|                                         | 3,5   | 0,285                         |                            |
|                                         | 3,4   | 0,294                         |                            |
|                                         | 3,3   | 0,30                          |                            |
|                                         | 3,2   | 0,31                          | Grenzbefund nach Mostafawy |
|                                         | 3,1   | 0,32                          |                            |
|                                         | 3,0   | 0,33                          | pathologisch               |

Während innerhalb des ersten Lebensjahres die spontane Rückbildung einer zunächst vorhandenen Ventrikelerweiterung durchaus möglich ist und wohl als Ausdruck einer nachträglichen Ausreifung des Gehirns angesehen werden darf, scheint ein solcher Vorgang nach unseren Untersuchungen im Verlauf des 2. Lebensjahres nur noch ganz selten einzutreten. Diese Beobachtung deckt sich mit der Erfahrung, daß, je früher ein Hydrocephalus abgeleitet wird, umso wahrscheinlicher mit einer völligen Normalisierung der Ventrikelweite gerechnet werden kann. Auch nach operativen Eingriffen zur Beseitigung einer prämaturnen Craniosynostose oder nach Ausräumung subduraler Ergüsse haben wir im ersten Lebensjahr nicht selten eine spontane Normalisierung der Weite des Ventrikelsystems beobachtet.

Die sorgfältige Analyse der Seitenventrikelbreite und die Einführung von Gruppen mit mäßiggradiger und mittelgradiger Ventrikelerweiterung hat es ermöglicht, auch bei leichteren organischen Hirnschädigungen und beginnenden Liquorabfluß- bzw. -resorptionsstörungen frühzeitig die Diagnose einer abnormen Ventrikelweite zu stellen (KAZNER und HOPMAN, 1973).

Die teilweise schlechte Korrelation der Meßwerte für die Breite des 3. Ventrikels und der Cella-media-Breite der Seitenventrikel machen es notwendig, stets beide Hirnkammerabschnitte auszumessen. Der Seitenventrikelbreite kommt offenbar der höhere Aussagewert zu (vgl. KAZNER und HOPMAN, 1973). Eine alleinige Messung der Weite des 3. Ventrikels bei Säuglingen und Kleinkindern kann heutzutage nicht mehr als ausreichend angesehen werden.

KAZNER et alii (1975) haben durch subtile Untersuchungen bei Kindern mit cerebralen Entwicklungsstörungen, MIKSCHICZEK et alii (1976) bei Kindern mit cerebralen Bewegungsstörungen zeigen können, daß die Echoencephalographie von den atraumatischen Zusatzuntersuchungen bei neurologischen Erkrankungen im Kindesalter zweifellos die höchste Aussagekraft besitzt, wenn man von den neuen Möglichkeiten durch die axiale Computertomographie absieht.

Die Echoventrikulographie stellt damit unter den nichtinvasiven Zusatzuntersuchungen, die ohne Allgemeinnarkose durchgeführt wer-

den können, die einzige morphologische Untersuchungsmethode dar, die sowohl im Rahmen der Erstuntersuchung neurologisch erkrankter Säuglinge und Kleinkinder, als auch zur Verlaufskontrolle bei den verschiedenen cerebralen Erkrankungen eingesetzt werden kann und auch im Zeitalter der Computertomographie von größter Bedeutung ist. Die rasche Durchführbarkeit, der geringe apparative und personelle Aufwand, die absolute Ungefährlichkeit und die beliebige Wiederholbarkeit der Echoencephalographie prädestinieren dieses Verfahren zu einer Standarduntersuchung gerade bei Kindern in den beiden ersten Lebensjahren.

## 9. ZUSAMMENFASSUNG

Die Bedeutung der Echoventrikulographie bei der Diagnose und Verlaufskontrolle cerebraler Erkrankungen in den ersten beiden Lebensjahren konnte an einem Krankengut von 1132 Kindern, die an der Neurochirurgischen Klinik der Universität München untersucht wurden, gezeigt werden.

Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den Resultaten der axialen Computertomographie bestätigte die Zuverlässigkeit der Methode.

Als Grundlage für die Klassifizierung in Normalwerte, Grenzbefunde und pathologische Werte diente der von KAZNER und HOPMAN (1973) angegebene Cella-media-Index (CMI), der sich an den SCHIERSMANN'schen Ventrikelindex (1942) anlehnt.

Die Korrelation der Meßwerte für die Weite des III. Ventrikels und des Cella-media-Index wurde einer kritischen Analyse unterzogen. Dabei ergab sich, daß im Einzelfall aufgrund nur eines Meßwertes keine sicheren Rückschlüsse auf den Zustand des gesamten Ventrikelsystems gezogen werden können.

Bereits kurz nach der Geburt erreicht die relative Ventrikelbreite Werte wie in späteren Lebensabschnitten, so daß der CMI im Verlauf des Lebens normalerweise kaum größeren Schwankungen unterworfen ist. Die bei Frühgeborenen häufig anzutreffende vergrößerte Ventrikelweite normalisiert sich in der Mehrzahl der Fälle spontan innerhalb der ersten 12 Lebensmonate.

## 10. LITERATURVERZEICHNIS

AMBROSE, J.: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2 Clinical application. Brit. J. Radiol. 46, pp. 1023 - 1047

ARGYROPOULOS, G.: Echoencephalographische Befunde und Verlaufskontrollen. in: Pädiatrische Neurochirurgie, Berichte des 1. Europ. Kongr. Wien, Verlag d. Wiener Med. Akademie (1967)

BALDES, E. J., HERRICK, J. F. and STROEBEL, CH. F.: Biologic effects of ultrasound. Amer. J. phys. Med. 37, pp. 111 - 121 (1958)

BALLANTINE, H. T., HUETER, T. F., NAUTA, W. J. H. and SOSA, D. M.: Focal destruction of nervous tissue by focused ultrasound. Biophysical factors influencing its application. J. exp. Med. 104, pp. 337 - 360 (1956)

BARTH, G. und BÜLOW, H. A.: Zur Frage der Ultraschall-schädigung jugendlicher Knochen. Strahlentherapie 79, pp. 271 - 280 (1949)

BOENIG, H., und BERTOLINI, R.: Leitfaden der Entwicklungsgeschichte des Menschen, 9., überarbeitete Aufl. Edition Leipzig (1967)

BRÜSCHKE, G.: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Frage der Schädigung von Testis, Ovar und gravidem Uterus durch Ultraschall. Z. ges. inn. Med. 10, pp. 895 - 899 (1955)

DAVIDOFF, L. M. and DYKE, C. G.: The normal encephalogram. Philadelphia, Lea & Febiger (1943)

DUSSIK, K.-TH.: Über die Möglichkeit, hochfrequente, mechanische Schwingungen als diagnostisches Hilfsmittel zu verwerten. Z. ges. Neurol. Psychiat. 174, pp. 153 - 168 (1942)

DUSSIK, K.-TH.: Ultraschallanwendung in der Diagnostik und Therapie der Erkrankungen des zentralen Nervensystems. Ultraschall i. Med. I, pp. 283 - 287 (1949)

EVANS, JR. W. A.: An encephalographic ratio for estimating ventrikular enlargement and cerebral atrophy. Arch. Neurol. Psych. 47 (1942), 931

FEUERLEIN, W. und DILLING, H.: Das Echo-Encephalogramm des 3. Ventrikels in verschiedenen Lebensaltern. Arch. Psychiatr. Nervenkrht. 209: 137 (1967)

GANONG, W. F.: Medizinische Physiologie. Berlin - Heidelberg - New York: Springer (1971)

CARG, A. G. and TAYLOR, A. R.: Ultrasonics 6, 208 (1967)

GELETNEKY, C.-L.: Echoencephalographie bei cerebralen Erkrankungen im Säuglings- und Kindesalter. Acta radiol. 5, diagnosis, 7th Symposium neuroradiol., New York 1964, pp. 779 - 785 (1966)

GORDON, D.: Echo-encephalography. Ultrasonic rays in diagnostic radiology. Brit. med. J., No. 5136, pp. 1500 - 1504 (1959)

GRUMME, TH.: Die zweidimensionale Echoencephalographie (B-scan). Dt. med. Wchschr. 93, pp. 1234 - 1238 Stuttgart: Thieme (1973)

GRUMME, TH., FRÖMMEL, G., MEESE, W.: Postnatale echo-encephalographische Untersuchungen bei Frühgeborenen. Neuropäd. Vol. 3, No. 2, pp. 155 - 170 (1971)

GRUMME, TH. und MEESE, W.: Die zweidimensionale Echoencephalographie (B-scan) des kindlichen Hirnkammersystems. Neuropäd. 6, pp. 65 - 76 (1975)

GRUMME, TH., MEESE, W. and BINGAS, B.: Experience with ultrasonic B-scan in infants. Progr. in paediatr. neurosurg. pp. 252 - 255 (1974)

GRUMME, TH., MEESE, W. und FRÖMMEL, G.: Hirnkammeruntersuchungen mit Ultraschall bei Frühgeborenen verschiedener Reife zum Zeitpunkt der Geburt. In: Perinatale Medizin, Bd. IV, 5. Deutscher Kongr. für Perinatale Medizin, Berlin, 1. - 5. Dez. 1972. Stuttgart: Thieme (1973)

GRUMME, TH., MEESE, W. und FRÖMMEL, G.: Echoencephalographische Kontrolluntersuchungen an Frühgeborenen während der ersten 18 Lebensmonate. Neuropäd. 5, pp. 243 - 249 (1974)

GRUMME, TH., MEESE, W., GRÖMMEL, G. and TANDHAVADHANA, C.: Ultrasound studies in premature infants after birth. J. of clin. ultrasound, Vol. 1, No. 4, pp. 294 - 299 (1973)

GRUMME, TH. und SCHULZE, A.: Die postnatale, präoperative Echoencephalographie bei Neugeborenen mit zystischen Dysraphien und ihr Wert für die Früherkennung des Hydrocephalus. Neuropäd. 3, pp. 249 - 263 (1970)

GRUMME, TH. and TILLEY, E. J.: Postnatal echoencephalography in cystic dysraphia. Developmental medicine and child neurology 12, Suppl. 22, pp. 78 - 82 (1970)

GÜTTNER, W.: (in: Schiefer, W. und Kazner, E.: Klinische Echoencephalographie, 1967)

HACKER, H.: Tomometrie: die direkte Röntgendiagnose von Gehirnerkrankungen. Dt. Ärztebl. 12, pp. 811 - 814 (1975)

HACKER, H.: Die kraniale Computer-Tomographie. Monatskurse f. d. ärztl. Fortbildg. 26, Nr. 4, pp. 33 - 38 (1976)

HEMMER, R.: Der Liquordruck - Untersuchungen zur Physiologie, Pathophysiologie und medikamentösen Beeinflussung der Liquodynamik. Stuttgart: Thieme (1960)

HOUNSFIELD, G. N.: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. Brit. J. Radiol. 46, pp. 1016 - 1022 (1973)

JAKOBI, G. und SCHUCH, P.: Echo-Enzephalographie und ihre Ergebnisse bei Kindern. Päd. Praxis 5, pp. 433 - 443 (1966)

JEPPSON, S.: Echoencephalography IV. The midline echo; an evaluation of its usefulness for diagnosing intracranial expansivities and an investigation into its sources. Acta Chir. Scand. Suppl. 272:1 (1961)

KAZNER, E.: Anwendungsmöglichkeiten der Ultraschalldiagnostik Teil III. Ultraschalldiagnostik am Schädel. Röntgenpraxis, pp. 70 - 80 (1974)

KAZNER, E. und HOPMAN, H.: Possibilities and reliability of echoventrikulography. Ultrasound in Med. & Biol., vol. 1, pp. 17 - 32 Pergamon Press, Great Britain (1973)

KAZNER, E. und KRESSE, H.: Physik und Technik der Ultraschalldiagnostik. Deutsches Ärzteblatt, 33, pp. 2137 - 2144 (1973)

KAZNER, E., LANKSCH, W. and STEINHOFF, H.: Cranial computerized tomography in the diagnosis of brain disorders in infants and children. Neuropäd. 7, pp. 136 - 174 (1976)

KAZNER, E. und MAIER-HAUFF, K.: Zur Brauchbarkeit der Echoencephalographie bei der Bestimmung der Weite des 3. Ventrikels. Fortschritte der Neurol. Psychiat. 40, pp. 647 - 656. Stuttgart: Thieme (1972)

KAZNER, E., MIKSCHICZEK, D. und RICHTER, S.: Echoventrikulographische Befunde bei Kindern mit cerebralen Entwicklungsstörungen. Elektrofiziologija, Godina IV, Broj 1 - 2, pp. 62 - 74 (1975)

KRAUTKRÄMER, J. und KRAUTKRÄMER, H.: Werkstoffprüfung mit Ultraschall. Berlin: Springer (1961)

KRIJGSMAN, J. B.: Echo-encefalografie bij normale pasgeborenen en zuigelingen (A-scan). Nijmegen: Schippers (Med. Diss.) (1970)

KRIJGSMAN, J. B.: Echo-encephalography in normal newborns and infants (A-scan). Neuropäd. Vol. 3, No. 4, pp. 421 - 428 (1972)

KRISCHEK, J.: Pneumencephalographische Studien bei Epileptikern. Psychiatr. et Neurol. 138: pp. 345 ff. (1959)

LAUBER, H.: Das Pneumencephalogramm-Meßverfahren bei Erwachsenen. Johann Ambrosius Barth Verlag München (1965)

LEKSELL, L.: Echo-encephalography. I. Detection of intracranial complications following head injury. Acta Chir. Scand. 110, pp. 301 ff. (1955/56)

LITHANDER, B.: Echo-encephalography in children. Acta Psych. Scand. 36, Suppl. 159, pp. 37 - 50 (1961)

LOCH, E.-G.: Genetische Gefährdung durch Ultraschalldiagnostik? Auswirkungen von Ultraschallwellen im diagnostischen Frequenzbereich auf biolog. Gewebe in vivo und in vitro. Fortschr. d. Med. 2, pp. 59 - 61 (1973)

LUPS, S. und HAAN, A. M. F. H.: The cerebrospinal fluid. Elsevier, Amsterdam (1954)

LYNN, J. G., PUTNAM, T. J.: Histology of cerebral lesions produced by focused ultrasound. Amer. J. Path. 20, pp. 637 - 643 (1944)

MELCHIOR, J. C.: Pneumencephalography in atrophic brain lesions in infancy and childhood. Acta paediat., 50 Suppl. 127, (1961)

MIKSCHICZEK, D., KAZNER, E. und BINDER, W.: Echoventrikulographische Diagnostik bei Kindern mit cerebraler Bewegungsstörung. Fortschr. d. Med. 94, Nr. 5, pp. 227 - 231 (1976)

MIKSCHICZEK, D., KAZNER, E. und EHEMANN, K.: Zur Differenzierung leichter und schwerer Zerebralschädigungen im Säuglingsalter. Fortschr. d. Med., 94, Nr. 25, pp. 1338 - 1344 (1976).

MOSTAFAWY, A.: Pediatric sonoencephalography. The practical use of ultrasonic echoes in the diagnosis of childhood intracranial disorders. Berlin - Heidelberg - New York: Springer (1971)

MÜHLHÄUSER, O.: Verfahren zur Zustandsbestimmung von Werkstoffen, besonders zur Ermittlung von Fehlern darin. DRP 569598 (1931)

OECKLER, R., BAETHMAN, A., SCHINKO, I., KAZNER, E. und WETZSTEIN, R.: Further studies on brain tissue response to ultrasound. 2nd Europ. Congr. on ultrasonics in medicine, Munich, 12. - 16. Mai 1975, Excerpta Medica, Amsterdam - Oxford, pp. 34 - 40 (1975)

PETERS, G.: Die Wirkung der Ultraschallwellen auf das Zentralnervensystem. Strahlentherapie 79, pp. 653 - 658 (1949)

PETERS, G.: Ultraschallwirkung auf das Zentralnervensystem, Kongreßbericht der Erlanger Ultraschalltagung, pp. 166 ff., Zürich: Hitzel (1949)

PETERS, G.: Morphologische Untersuchungen über die Wirkung von Ultraschallwellen auf das Zentralnervensystem. Fortschr. d. Neurol. Psych. 17, pp. 85 - 94 (1949)

PIA, H. W. und GELETNEKY, C.-L.: Echo-Encephalographie bei infantilen Encephalopathien und ihren Folgen. Sympos. Echo-Encephalographie, Erlangen, 14./15. April 1967

PIA, H. W. und GELETNEKY, C.-L.: Echoenzephalographie. Stuttgart: Thieme (1968)

ROSENGREN, K. und CARLSSON, C. A.: The normal encephalogram during the first two years of life. Acta Radiol. Vol. 13, Part 1, pp. 461 - 466 (1972)

ROTT, H. D., HUBER, H. J., SOLDNER, R. und SCHWANITZ, G.: Chromosomenuntersuchungen nach Einwirkung von Ultraschall auf menschliche Lymphozyten in vitro. Elektro medica 1 (1972)

SAYK, J.: Symposium über die Cerebrospinalflüssigkeit. Jena: VEB Fischer (1966)

SCHIEFER, W.: Echo-Enzephalographie in der nervenärztlichen Praxis. Med. Welt 25, Heft 4, pp. 130 - 134 (1974)

SCHIEFER, W. und KAZNER, E.: Klinische Echo-Encephalographie. Berlin - Heidelberg - New York: Springer (1967)

SCHIEFER, W., KAZNER, E. und BRÜCKNER, H.: The diagnostic possibilities offered by echo-encephalography. Excerpta medica, Internat. Congr. Series 60, No. 8 (1963)

SCHIEFER, W., KAZNER, E. und KUNZE, ST.: Clinical echo-encephalography. Berlin - Heidelberg - New York: Springer (1968)

SCHIERSMANN, O.: Einführung in die Encephalographie. Leipzig: Thieme (1942)

SCHLAGENHAUFF, R. E., MAZUROWSKI, J. and KRATZER, G.: Ultrasonic measurement of cerebral ventricular system. A critical and comparative study of echoencephalographic and pneumencephalographic determinations in 100 patients. Neurology (Minneap.) 21/11, pp. 1134 - 1139 (1971)

SJÖGREN, J.: Echo-ventrikulography in infantile hydrocephalus - Preliminary report. Acta neur. scand. 41, pp. 13 - 18. (1965)

SJÖGREN, J.: Echoencephalography in paediatric practice with special regard to measurement of the ventricular size. Acta paed. scand. Suppl. 178 (1967)

SOKOLOW, S. J.: Zur Frage der Fortpflanzung ultraakustischer Schwingungen in verschiedenen Körpern. Elektr. Nachr. Techn. 6, pp. 454 - 461 (1929)

TAKETOMO, T. und SAITO, A.: Experimental studies on cerebrospinal fluid flow. Neurology (Minneap.) 15, pp. 578 ff. (1965)

TAYLOR, K. J. W. and POND, J. B.: Interaction of ultrasound and biological tissue. Session 2: 8, pp. 87 ff. Editors: J. M. Reid and M. R. Sikov. DHEW Publication No. (FDA) 73 - 8008 (1972)

VALKEAKARI, T.: Analysis of serial echoencephalograms in healthy newborn infants during the first week of life. Acta paed. scand., Suppl. 242, Academic Dissertation, Oulu (1973)

VLIEGER, M. de, und RIDDER, H. J.: Use of echoencephalography. Neurology (Minneapolis) 9, pp. 216 ff. (1959)

WEED, L. H.: The cerebrospinal fluid. Physiol. Rev. 2, 171 (1922)

WEST, K. A.: Correlation between ultrasonic and roentgenological findings in infantile hydrocephalus. Acta paed. scand. 56, pp. 27 - 36 (1967)

WEST, K. A.: On pre- and postoperative echoventriculographic findings in hydrocephalic infants and children. Dev. Med. Child Neurol. Suppl. 16: 3 (1968)

WEST, K. A.: An echoventriculographic method for pediatric practice. Neuropäd. Vol. 1, No. 3, pp. 318 - 336 (1970)

WITELSON, S. F. und PALLIE, W.: Left hemisphere specialisation for language in newborn - neuroanatomical evidence of asymmetry. Brain 96, pp. 641 - 646 (1973)

WOLFF, H. und BRINKMANN, L.: in: Dtsch. Zschr. Nervenheilk. 151: 1 (1940)

WÜTHRICH, R.: Liquorveränderungen. in: Siegenthaler, W.: Klinische Pathophysiologie. Stuttgart: Thieme (1970)

## LEBENS LAUF

Am 26. Dezember 1950 wurde ich als Sohn des Internisten Dr. Wolfgang Hirsch und seiner Frau Ursula, geb. Schulze, in Leipzig geboren.

Nach meinen ersten beiden Schuljahren siedelten wir 1959 nach Traunstein über, wo ich noch bis zur 4. Klasse die Volksschule besuchte. 1961 trat ich in die erste Klasse des Chiemgau-Gymnasiums Traunstein ein, besuchte den humanistischen Zweig und bestand 1970 mein Abitur. Im Oktober 1970 inskribierte ich mich an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München und bekam im Frühjahr 1971 meine Zulassung zum Studium der Humanmedizin.

Im Herbst 1971 bestand ich mein Vorphysikum, im Frühjahr 1973 mein Physikum. 1973 begann ich mit meiner Dissertationsarbeit an der Neurochirurgischen Klinik der Universität München bei Herrn Priv.-Doz. Dr. med. E. Kazner.

Nach 6 klinischen Semestern bestand ich am 26. Juli 1976 mein medizinisches Staatsexamen an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Zur Zeit arbeite ich als Medizinalassistent an der 3. Medizinischen Abteilung des Krankenhauses München-Schwabing.







